



UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Medicina Veterinária

QUALIDADE NUTRICIONAL E PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA FOLHA DA
ALCATRA (PICANHA) DE NOVILHOS DE DIFERENTES ORIGENS A NÍVEL MUNDIAL

PEDRO MIGUEL SILVA GASPAR LAGOA

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI

ORIENTADOR

Doutor Rui José Branquinho de Bessa

Doutor Mário Alexandre Gonçalves Quaresma

Doutora Maria João dos Ramos Fraqueza

CO-ORIENTADOR

Doutor Mário Alexandre Gonçalves Quaresma

Dr. Luís Santana Correia

2019

LISBOA



UNIVERSIDADE DE LISBOA

Faculdade de Medicina Veterinária

QUALIDADE NUTRICIONAL E PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA FOLHA DA
ALCATRA (PICANHA) DE NOVILHOS DE DIFERENTES ORIGENS A NÍVEL MUNDIAL

PEDRO MIGUEL SILVA GASPAR LAGOA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA VETERINÁRIA

CONSTITUIÇÃO DO JÚRI

ORIENTADOR

Doutor Rui José Branquinho de Bessa

Doutor Mário Alexandre Gonçalves Quaresma

Doutora Maria João dos Ramos Fraqueza

CO-ORIENTADOR

Doutor Mário Alexandre Gonçalves Quaresma

Dr. Luís Santana Correia

2019

LISBOA

“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer”

Mahatma Gandhi

“O insucesso é apenas uma oportunidade para começar de novo com mais inteligência”

Henry Ford

“A sabedoria suprema é termos sonhos bastante grandes para não se perderem de vista
enquanto os perseguimos”

William Faulkner

AGRADECIMENTOS

Quero em primeiro lugar agradecer ao Professor Doutor Mário Quaresma, meu orientador e amigo, toda, mas toda a força, dedicação, empenho e amizade que teve para comigo ao longo desta difícil etapa. Foi sem dúvida alguma uma pessoa incansável, que teve sempre uma palavra de motivação e animadora nos momentos mais difíceis.

Ao Professor Doutor Rui Bessa e à Doutora Susana Alves do Laboratório de Sistemas de Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária, pela realização das análises de cromatografia gasosa responsáveis pela determinação do perfil de ácidos gordos nas amostras de picanha usadas no estudo. Um agradecimento muito especial à Doutora Susana Alves por todo o apoio e ensinamento dados na leitura dos cromatogramas dos ácidos gordos.

Ao Professor Doutor António Barreto, responsável do laboratório de Tecnologia dos Produtos Animais da Faculdade de Medicina Veterinária, pela disponibilização dos equipamentos e do espaço onde foram realizadas todas as análises de colorimetria e avaliação do pH, e a todas as funcionárias pela ajuda e simpatia que sempre demonstraram.

À Eng. Irene Cristina Antunes por toda a ajuda prestada na análise dos ácidos gordos, e de todos os dados deste estudo.

Ao Dr. Luís Santana Correia, e à empresa Jerónimo Martins, por todos os bons momentos de aprendizagem que me proporcionaram e pela disponibilização de recursos que permitiu que este estudo fosse elaborado.

Às empresas NIPA e Buy All Trade, e em particulares aos seus responsáveis máximos, os Srs. Riad Mohamed Mabsout e Dionisio Fiuza, respectivamente, pelo fornecimento da picanha e pelo cuidado na selecção de picanha proveniente de diferentes lotes.

Aos meus amigos de sempre da “Tribo” por toda a amizade, e por todos os bons momentos que passamos juntos.

Aos meus amigos Gonçalo, Tiago, Nuno, Silveira, Rafa e Small por todos os bons momentos que passamos juntos nos últimos tempos de faculdade.

Ao meu amigo Soeiro, companheiro de grandes noites de estudo, pela amizade demonstrada ao longo destes anos.

Ao João, Gonçalo e Zé, que desde o primeiro dia de faculdade que se revelaram aqueles amigos que nós sabemos que são para a vida.

Às minhas amigas da vida, Cláudia e Jordana, por me aturarem desde sempre. Pois não há momentos bons que eu tenha passado, que vocês não estivessem lá comigo.

Ao Gonçalo Dias Carvalho, por toda a cumplicidade, irmandade e amizade. Sem dúvida aquele amigo para a vida com quem posso contar em todos os momentos.

À Inês e ao Pedro, que apesar de serem os amigos mais recentes, cada vez que estamos juntos parece que nos conhecemos desde sempre.

Ao Tiago e Ricardo por todo o apoio e amizade ao longo destes quatro anos e por serem os melhores adversários de Padel que poderia ter arranjado.

Ao Mário e à Joana, os meus Nortenhos do coração, por todos os bons momentos passados.

Ao meu irmão Tiago, por ser o melhor irmão que eu poderia ter, por toda a amizade, amor e cumplicidade que temos.

Aos meus pais, Célia e Vítor por todo o amor, educação, valores e princípios que sempre me transmitiram. Não há palavras suficientes para descrever o quão agradecido eu lhes sou, pois a eles, devo-lhes tudo.

Ao meu Tio Manel, que infelizmente já não se encontra entre nós, e à minha Tia Rosa, que sempre me trataram como um filho.

Ao meu avô Bernardino, que foi sempre o Grande Avô, que esteve sempre a meu lado em todos os momentos e que sempre acreditou em mim.

À minha avó Adelaide, por todos os momentos felizes que passamos e por toda a paciência que sempre teve para as minhas malandrices.

Aos meus avós “emprestados”, Dona Georgete e Sr. Carvalho, por me tratarem sempre de uma forma maravilhosa, por toda a amizade e por todo o carinho que sempre tiveram comigo.

Aos meus sogros, Manuela e Rui, por me terem recebido tão bem na família, por toda a amizade, carinho e apoio ao longo destes anos.

Aos cunhadinhos João e Inês, por toda a amizade, carinho e por todos os momentos que passamos juntos.

Aos meus colegas da Rapfarms, pela amizade, ensinamentos e profissionalismo nestes últimos 2 anos.

Ao Dr. Marques dos Santos pela formação e ajuda no início da minha vida profissional.

Ao Eng. Pedro pelos votos de confiança, ensinamentos e amizade.

Ao Dr. Diogo por todo o apoio, amizade, ensinamentos, confiança e por os momentos passados quer no trabalho, quer fora dele. Tem sempre sido uma espécie de mentor para mim.

Aos meus companheiros de quatro patas Thai e Risoto.

Por fim, não poderia deixar de agradecer à minha mulher Inês, toda a paciência que teve comigo ao longo destes anos. Por toda a compreensão, amizade, companheirismo, e todo o amor que todos os dias demonstra por mim e para mim.

Um agradecimento também a todas as pessoas que me apoiaram em todas as etapas da vida e principalmente nesta etapa final.

RESUMO

Em Portugal, a carne importada pode ter diversas proveniências, o que conjectura diferenças ao nível da qualidade nutricional da mesma, pelo que se decidiu realizar um estudo comparativo da qualidade nutricional, nomeadamente perfil lipídico e parâmetros físico-químicos, de picanhas (*gluteus biceps*) provenientes de diferentes origens a nível Mundial.

Nos parâmetros físico-químicos, a picanha da Holanda apresentou o pH mais elevado (5,86) e a picanha dos Estados Unidos da América apresentou a maior luminosidade (L^* ; 34,55), enquanto que a picanha da Inglaterra apresentou simultaneamente a maior intensidade de vermelho (a^* ; 24,61) e amarelo (b^* ; 5,96).

Relativamente ao perfil lipídico, a picanha proveniente do Botswana apresentou os teores mais elevados de colesterol (102,5 mg/100 g de carne fresca) e γ -tocoferol (1,25 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), ao passo que a picanha proveniente da Namíbia apresentou os teores mais elevados de α -tocoferol (16,1 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca) e β -caroteno (0,80 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca). Os ácidos gordos monoinsaturados (MUFA) foram predominantes nas picanhas da Europa, América do Norte e Oceânia, ao contrário das picanhas de África em que os ácidos gordos predominantes foram os ácidos gordos saturados (SFA).

Palavras-chave: Picanha, *gluteus biceps*, pH, cor, vitamina E, β -caroteno, colesterol, ácidos gordos

ABSTRACT

In Portugal imported meat can have different sources, which conjectures differences in its nutritional quality, therefore it was decided to carry out a comparative study of nutritional quality, namely lipid profile and physicochemical parameters, of rump cap (*gluteus biceps*) from different origins worldwide.

On physicochemical parameters, the Netherlands' rump cap had the highest pH value (5,86) and the United States of America's rump cap presented the highest luminosity (L^* , 34,55), whereas the England rump cap presented simultaneously the highest intensity of red (a^* , 24,61) and yellow (b^* , 5.96).

Regarding lipid profile, Botswana's rump cap had the highest levels of cholesterol (102.5 mg / 100 g fresh meat) and γ -tocopherol (1.25 μ g / g fresh meat), while Namibia's rump cap had the highest levels of α -tocopherol (16.1 μ g / g fresh meat) and β -carotene (0.80 μ g / g fresh meat). Monounsaturated fatty acids (MUFAs) were predominant on Europe, North America, and Oceania rump cap, unlike Africa's rump cap in which the predominant fatty acids were the saturated fatty acids (SFA).

Keywords: Rump cap, *gluteus biceps*, pH, color, vitamin E, β -carotene, cholesterol, fatty acids

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO.....	IV
ABSTRACT	V
Índice	VI
Índice de figuras	X
Índice de tabelas	XII
Lista de abreviaturas, siglas e símbolos.....	XIV
1 RELATÓRIO DE ESTÁGIO	1
2 INTRODUÇÃO.....	2
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1 A importância da carne bovino no mercado nacional e internacional	3
3.1.1 Consumo de carne em Portugal	3
3.1.2 Auto-aprovisionamento de carne em Portugal	4
3.1.3 Consumo de carne a nível mundial	5
3.1.4 Consumo <i>per capita</i> a nível mundial.....	6
3.1.5 Distribuição dos efectivos bovinos.....	7
3.1.6 Principais exportadores de carne de bovino	9
3.2 Conversão do músculo em carne.....	12
3.2.1 Músculo esquelético	13

3.2.1.1	Fibras musculares	14
3.2.1.2	Tecido conjuntivo	14
3.2.1.3	Gordura intramuscular	15
3.3	Parâmetros físico-químicos	16
3.3.1	pH	16
3.3.2	Cor	17
3.3.2.1	Sistema de medição da cor.....	18
3.4	Composição Nutricional da Carne de Bovino.....	18
3.4.1	Perfil Lipídico.....	18
3.4.1.1	Ácidos Gordos	18
3.4.1.2	Colesterol	21
3.4.2	Estabilidade da Carne de Bovino	22
3.4.2.1	Oxidação Lipídica.....	22
3.4.2.2	Protecção antioxidante da carne	22
3.4.2.3	β -caroteno (pró-vitamina A)	23
3.4.2.4	Vitamina E	23
4	MATERIAIS E MÉTODOS	26
4.1	Material biológico	26
4.1.1	Caracterização das amostras.....	26
4.1.2	Recolha de amostra.....	26

4.1.3	Preparação da amostra	26
4.2	Determinação de parâmetros físico-químicos	27
4.2.1	Determinação do pH.....	27
4.2.2	Determinação da cor	27
4.3	Determinação simultânea dos teores de vitamina E, colesterol e β -caroteno	27
4.3.1	Equipamento utilizado.....	27
4.3.2	Reagentes.....	28
4.3.3	Soluções preparadas extemporaneamente	28
4.3.4	Extracção e saponificação	28
4.3.5	Análise por Cromatografia líquida de alta performance (HPLC).....	29
4.4	Determinação do perfil de ácidos gordos	30
4.4.1	Equipamento utilizado.....	30
4.4.2	Reagentes.....	30
4.4.3	Soluções preparadas extemporaneamente	30
4.4.4	Transesterificação e extracção dos ácidos gordos	30
4.4.5	Quantificação e identificação dos ácidos gordos.....	31
4.4.6	Cálculo dos rácios e índices de qualidade lipídica	31
4.5	Análise dos dados e análise estatística	32
5	RESULTADOS	33
5.1	pH.....	33

5.2	Cor.....	34
5.3	Colesterol	35
5.4	Vitamina E.....	37
5.5	β -caroteno.....	39
5.6	Ácidos gordos, rácios e índices de qualidade lipídica.....	41
6	DISCUSSÃO.....	54
6.1	pH.....	54
6.2	Cor.....	55
6.3	Colesterol	56
6.4	Vitamina E.....	57
6.5	β -caroteno.....	58
6.6	Ácidos gordos, rácios e índices de qualidade lipídica.....	59
7	CONCLUSÃO.....	62
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

Índice de figuras

Figura 1 - Consumo de carne de acordo com a espécie animal (expresso em % do total de carne consumida em Portugal no ano de 2017) (INE, 2018).	3
Figura 2 - Auto-aprovisionamento total de carnes e miudezas usados para consumo humano no período de 2013 a 2017 (INE, 2018).	4
Figura 3 - Auto-aprovisionamento de carne de bovino em Portugal no período de 2013 a 2017 (INE, 2018).	4
Figura 4 - Países com maior consumo de carne de bovino <i>per capita</i> (kg/hab/ano) (OCDE, 2018).	7
Figura 5 - Distribuição do efectivo bovino pelos diferentes continentes (Drovers, 2018b).	8
Figura 6 - Principais formas de preservação da carne de bovino no comércio internacional em 2017 (WTEEx, 2019).	9
Figura 7 - Exportação total de carne de bovino por continente* em 2017 (WTEEx, 2018).	10
Figura 8 - Exportação de carne de bovino refrigerada em 2017 (WTEEx, 2018).	10
Figura 9 - Exportação de carne de bovino congelada em 2017 (WTEEx, 2018).	11
Figura 10 - Estrutura química dos tocoferóis e tocotrienóis (Adaptado de Quaresma <i>et al.</i> , (2008)).	24
Figura 11 - pH das picanhas (músculo <i>gluteus biceps</i>) de acordo com a origem.	33
Figura 12 - Parâmetros colorimétricos (luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*)) avaliados nas picanhas (músculo <i>gluteus biceps</i>) de acordo com a origem.	34
Figura 13 – Distribuição dos teores de colesterol (mg/100 g de carne fresca) das picanhas (músculo <i>gluteus biceps</i>) de acordo com a origem.	37

Figura 14 – Distribuição dos teores de α -tocoferol ($\mu\text{g/g}$ de carne fresca) das picanhas (músculo <i>gluteus biceps</i>) de acordo com a origem.	38
Figura 15 – Distribuição dos teores de γ -tocoferol ($\mu\text{g/g}$ de carne fresca) das picanhas (músculo <i>gluteus biceps</i>) de acordo com a origem.	39
Figura 16 – Distribuição dos teores de β -caroteno ($\mu\text{g/g}$ de carne fresca) das picanhas (músculo <i>gluteus biceps</i>) de acordo com a origem.	40

Índice de tabelas

Tabela 1 - Consumo de carne de bovino nos Países que maior consumo estimado em 2018 (Drovers, 2018a).....	6
Tabela 2 - Principais efectivos bovinos, número de animais e respectiva contribuição para o efectivo global (Drovers, 2018b).....	8
Tabela 3 - Principais exportadores de carne de bovino no mercado global em 2017 (WTEx, 2018).....	11
Tabela 4 - Principais exportadores de carne refrigerada e congelada em 2017 (WTEx, 2018).	12
Tabela 5 - Teores de colesterol (expresso em mg/100 g de carne fresca), vitamina E (expresso em µg/g de carne fresca) e β-caroteno (expresso em µg/g de carne fresca) das picanhas (músculo <i>gluteus biceps</i>) de acordo com a origem.	36
Tabela 6 - Somatórios parciais dos principais grupos de ácidos gordos, subgrupos e família, incluindo os dimetilacetais (DMA), expresso em g/100 g de ácidos gordos totais, das picanhas (músculo <i>gluteus biceps</i>) de acordo com a origem.....	42
Tabela 7 - Teor de ácidos gordos saturados (SFA) de cadeia linear (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) das picanhas (músculo <i>gluteus biceps</i>) de acordo com a origem.	45
Tabela 8 - Teor de ácidos gordos saturados (SFA) de cadeia ramificada (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) das picanhas (músculo <i>gluteus biceps</i>) de acordo com a origem.	46
Tabela 9 - Teor de ácidos gordos monoinsaturados (MUFA) com configuração <i>cis</i> (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) das picanhas (músculo <i>gluteus biceps</i>) de acordo com a origem.....	48
Tabela 10 - Teor de ácidos gordos monoinsaturados (MUFA) com configuração <i>trans</i> (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) das picanhas (músculo <i>gluteus biceps</i>) de acordo com a origem.....	49

Tabela 11 - Teor de ácidos gordos poliinsaturados (PUFA) da família n-6 (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) das picanhas (músculo <i>gluteus biceps</i>) de acordo com a origem. ..	50
Tabela 12 - Teor de ácidos gordos poliinsaturados (PUFA) da família n-3 (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) das picanhas (músculo <i>gluteus biceps</i>) de acordo com a origem. ..	51
Tabela 13 - Teor de outros ácidos gordos poliinsaturados (PUFA) (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) das picanhas (músculo <i>gluteus biceps</i>) de acordo com a origem.	51
Tabela 14 - Teor de dimetilacetais (DMA) (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) das picanhas (músculo <i>gluteus biceps</i>) de acordo com a origem.....	52
Tabela 15 - Rácios e índices de qualidade lipídica das picanhas (músculo <i>gluteus biceps</i>) de acordo com a origem.	53

Lista de abreviaturas, siglas e símbolos

% - Percentagem

Σ - Somatório

μg - micrograma

a^* - Intensidade de vermelho

ATP – Adenosina Trifosfato

b^* - Intensidade de amarelo

CIE – *Comisson Internationale de L'Eclairge*/ Comissão Internacional de Iluminação

CLA – Ácido Linoleico Conjugado

cm – Centímetro

CP – Fosfato de creatina

DAD – Detector de díodos

DFD – *Dark, Fim rand Dry* / Escura, Firme e Seca

DHA – Ácido docohexaenóico

DMA - Dimetilacetais

EPA – Ácido eicosapentaenóico

FAO – Food Agriculture Organization of the United Nations

g - Grama

GC-FID – Cromatografia gasosa com detector por ionização de chama

GLM – General Linear Model

HPLC – Cromatografia líquida de alta performance

INE – Instituto Nacional de Estatística

KPa – Kilopascal

L^* - Luminosidade

LT – Leucotrieno

m – Metro

mg – Miligrama

ml – Mililitro

MUFA – Ácidos gordos monoinsaturados

nm – nanómetros

°C – Graus Celsius

P – p-value

PGE – Prostaglandina

PGI - Prostaciclina

pH – Potencial de hidrogénio

PUFA - Ácidos gordos polinsaturados

rpm – rotações por minuto

SAS – Sistema de análise estatística

SEM – Standard error of the mean

SFA – Ácidos gordos saturados

TX – Tromboxano

WHO – *World Health Organization*

WTEx – World's Top Exports

α – Alfa

α -TTP – Proteína transportadora do α -tocoferol

β - Beta

γ - Gama

δ - Delta

1 RELATÓRIO DE ESTÁGIO

O estágio inserido no Mestrado Integrado em Medicina Veterinária foi realizado na secção de *sourcing* de talho do Pingo Doce, cadeia de distribuição alimentar da empresa Jerónimo Martins, teve a duração de sensivelmente 8 meses (20 de Setembro de 2013 e 30 de Abril de 2014) e contou com a orientação do professor Doutor Mário Quaresma da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa e coorientação do Dr. Luís Santana Correia do Departamento de *sourcing* de talho do Grupo Jerónimo Martins.

No decorrer do estágio foram realizadas diversas actividades que serão descritas de seguida:

- Acompanhamento de visitas técnicas e vistorias a produtores nacionais de bovinos, suínos e pequenos ruminantes com a finalidade de aprovar ou renovar os contractos com os fornecedores;
- Acompanhamento de auditoria a fornecedores;
- Contextualização legislativa de trabalho com fornecedores, prestadores de serviços e clientes;
- Acompanhamento dos procedimentos de abate nos matadouros de bovinos, suínos e pequenos ruminantes;
- Acompanhamento dos procedimentos de desmancha, desossagem, fatiamento e embalamento em cuvette da carne das diferentes espécies;
- Acompanhamento e apoio por um período de sete dias de um centro de engorda de borregos no Fundão, onde foram realizadas tarefas de manejo diário, como alimentação, pesagens, brincagens, limpeza e vacinação;
- Acompanhamento de operações de recepção, execução e expedição do sector de controlo da qualidade e segurança da carne.

2 INTRODUÇÃO

O efectivo bovino mundial em 2018 foi estimado em aproximadamente 1,5 biliões de cabeças. A Europa tem um efectivo bovino que representa 7% do efectivo global, com a França a ter o maior efectivo europeu, com quase 191 milhões de animais, a que corresponde 1,30% do efectivo global e o 16º lugar do ranking mundial. Já Portugal apresenta um efectivo de 1,47 milhões de bovinos, contribuindo com 0,10% do efectivo global e a que corresponde o 94º lugar do ranking mundial (Drovers, 2018).

No consumo global da carne de bovino, a Europa ocupa o quarto lugar no ranking com um consumo de carne de bovino de 19,1%, sendo os Países da União Europeia (EU) responsáveis por 67,2% desse consumo, o que equivale a 7.825.000 toneladas de carne. A carne de bovino é a terceira carne mais consumida pela população portuguesa, representando, em 2017, 17% do total de carne consumida, o que equivale a 18,9 kg/hab de consumo anual (INE, 2018). No entanto, Portugal é deficiente na produção de carne bovino apresentando um grau de aprovisionamento médio de 52,8% no período de 2013 a 2017, o que se encontra muito abaixo das necessidades do mercado nacional (INE, 2018).

Portugal é o 14º maior importador de carne de bovino refrigerada a nível mundial, a que corresponde o dispêndio de 466 milhões de dólares Americanos. A carne importada, que representa uma importante cota de mercado, pode ter diversas proveniências, o que conjectura diferenças ao nível da qualidade nutricional da mesma, já que os sistemas de produção envolvidos poderão ser diferentes. No entanto, não existem estudos, a nível nacional, que testem a hipótese acima enunciada, pelo que se decidiu realizar um estudo comparativo da qualidade nutricional de picanhas (*gluteus biceps*) provenientes de diferentes origens a nível Mundial. Face ao anteriormente exposto, a equipa de *Sourcing* do Pingo Doce contactou as principais empresas importadoras de picanha, e habituais fornecedores do grupo Jerónimo Martins, e foram recolhidas picanhas provenientes de diferentes países. A fim de realizar a avaliação da qualidade nutricional das picanhas foi determinado o perfil lipídico, através da determinação do perfil de ácidos gordos, dos teores totais de vitamina E, β -caroteno, colesterol e composição em tococromanóis, e parâmetros físico-químicos, através da determinação do pH e cor.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A importância da carne bovino no mercado nacional e internacional

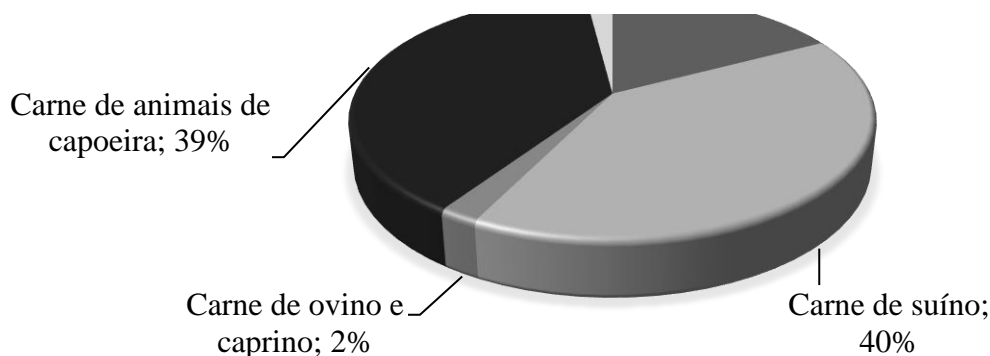
Para melhor entender o comércio internacional de carne de bovino é essencial conhecer a distribuição dos efectivos animais, o consumo *per capita* a nível nacional, os principais consumidores, exportadores e importadores no mercado global. Contudo, na recolha de dados não foi possível usar uma única entidade, nem recolher toda a informação do mesmo ano.

<https://ourworldindata.org/meat-and-seafood-production-consumption>

3.1.1 Consumo de carne em Portugal

De acordo com o Instituto Nacional de Estatística (INE, 2018) o consumo de carne *per capita* em Portugal no ano de 2017 foi estimado em 114 kg/hab, se considerarmos a carne e as miudezas, ou de 109 kg/hab se excluirmos as miudezas e considerarmos apenas a carne obtida do tecido muscular esquelético. A carne de suíno e de animais de capoeira são as mais consumidas pelos consumidores nacionais com 43,7 e 42,1 kg/hab/ano, respectivamente (correspondendo a 40 e 39% do total da carne consumida, respectivamente). A carne de bovino é a terceira carne mais consumida pela população Portuguesa, com um consumo anual estimado em 18,9 kg/hab, o que corresponde a 17% do total de carne consumida pela população Portuguesa em 2017. Por outro lado, a carne de pequenos ruminantes apresentou um consumo anual estimado em 2,3kg/hab, ligeiramente acima do consumo estimado para a carne das restantes espécies usadas para consumo humano (2,2 kg/hab) (Figura 1).

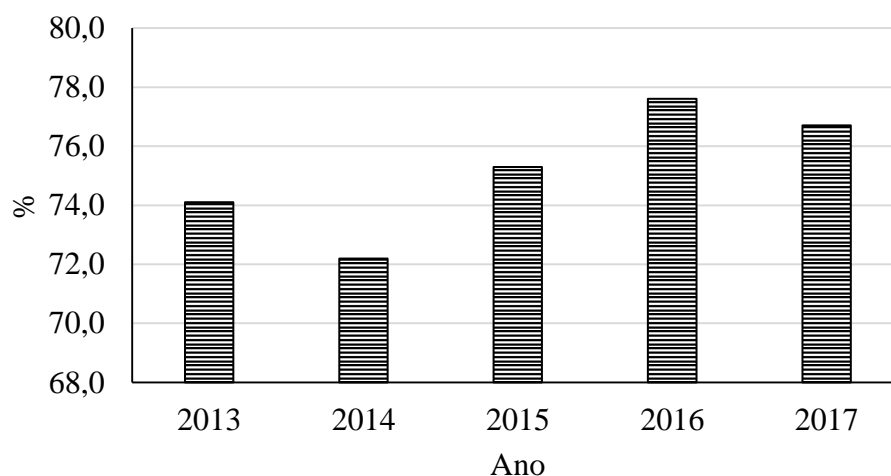
Figura 1 - Consumo de carne de acordo com a espécie animal (expresso em % do total de carne consumida em Portugal no ano de 2017) (INE, 2018).



3.1.2 Auto-aprovisionamento de carne em Portugal

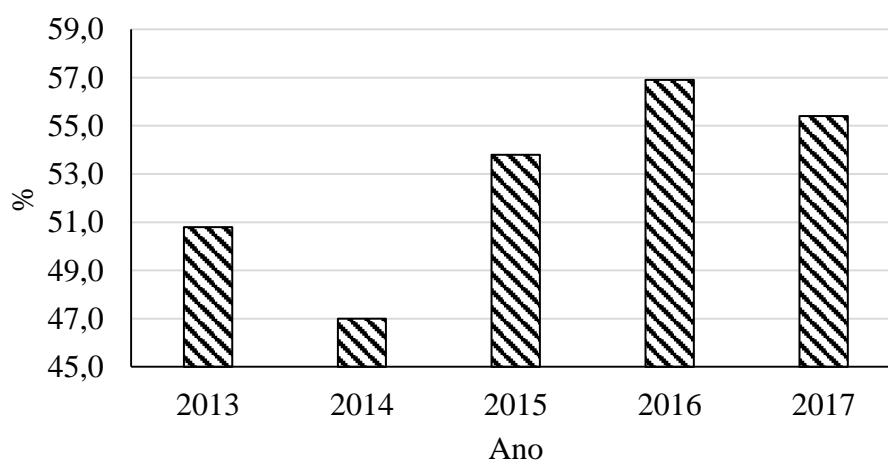
Em 2017, o auto-aprovisionamento de carne e miudezas de todas as espécies usadas para consumo humano em Portugal (Figura 2) foi de 76,7%, não se observando grandes oscilações no período de 2013 a 2017 (INE, 2018).

Figura 2 - Auto-aprovisionamento total de carnes e miudezas usados para consumo humano no período de 2013 a 2017 (INE, 2018).



No que respeita ao auto-aprovisionamento de carne de bovino, este é bastante inferior ao apresentado para o total de carnes, representando no período de 2013 a 2017 um valor médio de 52,8% e um intervalo entre os 47,0 e os 56,9% (Figura 3).

Figura 3 - Auto-aprovisionamento de carne de bovino em Portugal no período de 2013 a 2017 (INE, 2018).



Nas restantes espécies usadas para a produção de carne, o auto-aprovisionamento nacional também se encontra abaixo das necessidades do mercado nacional, tendo no período em análise (2013-2017) apresentado valores médios de: 68,6% para a carne de suíno; 78,7% para a carne de ovino e caprino e de 87,6% para a carne de animais de capoeira (INE, 2018).

No que respeita à carne de bovino, terceira carne mais consumida pela população Portuguesa, com um consumo anual estimado em 18,9 kg/hab, o que coloca Portugal num patamar acima do Canadá.

3.1.3 Consumo de carne a nível mundial

O consumo mundial de carne de bovino em 2018 foi estimado em 60.910.000 toneladas (Drovers, 2018a), 83,6% dos quais foram consumidos por apenas 12 países (Tabela 1), todos eles com um consumo superior a 1.000.000 toneladas (Drovers, 2018a). Tendo em consideração esses mesmos dados e a localização geográfica desses países, verifica-se que a Ásia é o continente onde se consome mais carne de bovino (23,0% do consumo global), com a China, a Índia, o Paquistão e o Japão a assumirem o segundo, sexto, oitavo e décimo primeiro lugar no ranking dos países que mais carne de bovino consumiu em 2018, respectivamente. A América do Norte, por seu turno, ocupa o segundo lugar do ranking, graças aos Estados Unidos da América (EUA), país que lidera o consumo de carne de bovino a nível global (20,7% do consumo global). Já a América Latina assume o terceiro lugar no ranking do consumo de carne de bovino, sendo responsável por 20,3% do consumo global de carne de bovino, com o Brasil, a Argentina e o México a ocuparem o terceiro, quinto e sétimo lugares do ranking. Por último, a Europa ocupa o quarto lugar no ranking do consumo de carne de bovino (19,1% do consumo global de carne de bovino), sendo os Países da União Europeia (EU) responsáveis por 67,2% desse consumo (7.825.000 toneladas), e a Rússia responsável pelo consumo de 1.685.000 toneladas (o que representa 14,5% de todo o consumo Europeu).

De realçar que o consumo anteriormente apresentado reflecte o consumo global do país, mas isso depende em grande medida da população do país e não reflecte necessariamente o consumo *per capita* dessa população.

Tabela 1 - Consumo de carne de bovino nos Países que maior consumo estimado em 2018 (Drovers, 2018a).

País	Carne de bovino ¹	% ²
EUA	12.592.000	20,7%
China	8.530.000	14,0%
Brasil	7.935.000	13,0%
UE	7.825.000	12,9%
Argentina	2.565.000	4,2%
Índia	2.400.000	3,91%
México	1.860.000	3,1%
Paquistão	1.736.000	2,9%
Rússia	1.685.000	2,8%
Turquia	1.500.000	2,5%
Japão	1.314.000	2,2%
África do Sul	1.005.000	1,7%
Σ	50.947.000	83,6%

¹ Consumo expresso em toneladas de carne;

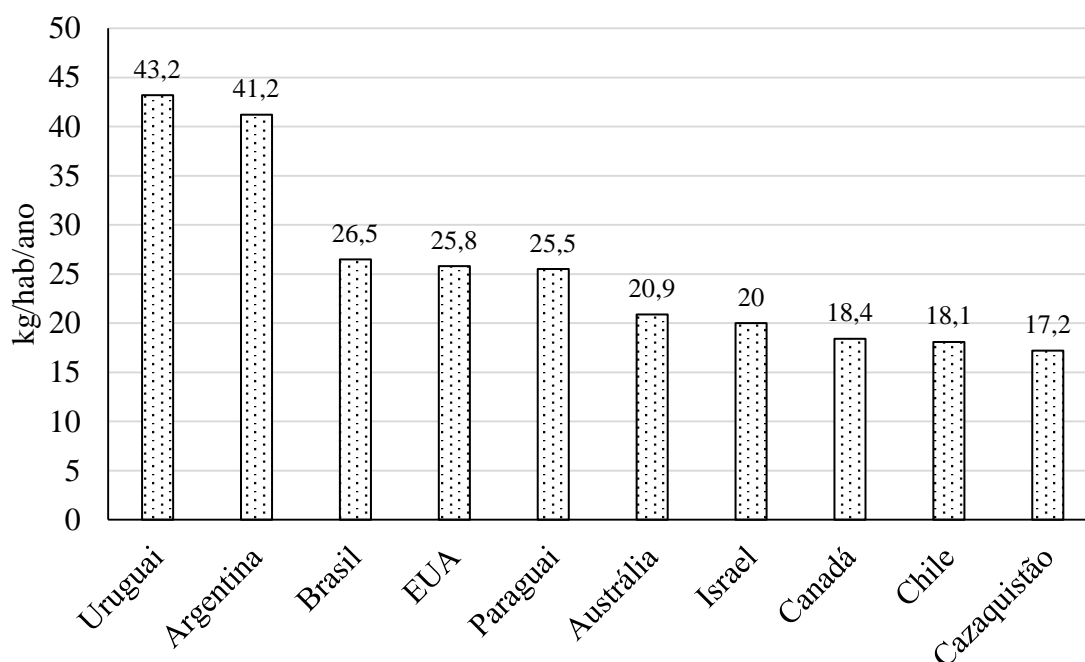
² % do consumo global de carne de bovino em 2018

3.1.4 Consumo *per capita* a nível mundial

De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE, 2018), de entre as populações com maior consumo de carne de bovino *per capita* (Figura 4), a América do Sul destaca-se por apresentar 5 países dentro dos 10 primeiros: Uruguai (43,2 kg/hab/ano), Argentina (41,2 kg/hab/ano), Brasil (26,5 kg/hab/ano), Paraguai (25,5 kg/hab/ano) e Chile (18,1 kg/hab/ano). A América do Norte, por sua vez, apresenta 2 países nesse mesmo grupo: EUA e Canadá com 25,8 e 18,4 kg/hab/ano, respectivamente. A Austrália, Israel e o Cazaquistão completam o grupo dos 10 países com maior consumo *per capita* de carne de bovino com 20,9, 20 e 17,2 kg/hab/ano, respectivamente. Destes 10 países, 7 são simultaneamente grandes produtores de bovino com grandes efectivos, já os restantes 3 (Israel, Chile e Cazaquistão) assumem-se como grandes consumidores, sem que esse comportamento resulte de um elevado nível de produção, pelo que têm de recorrer à importação de carne de bovino. Destes 3 países, o Chile ocupa o 14º lugar no ranking dos países que mais carne de bovino importa, o que representou, apenas em 2017, 1,04 biliões de dólares Americanos. Por outro lado, Israel ocupa o 12º lugar do ranking dos países que mais carne de bovino congelada importou em 2017, com um valor estimado em 452 milhões de dólares Americanos. Relativamente a Portugal, o país aparece como o 14º maior importador de carne de bovino

refrigerada, a que corresponde o dispêndio de 466 milhões de dólares Americanos (WTEx, 2018).

Figura 4 - Países com maior consumo de carne de bovino *per capita* (kg/hab/ano) (OCDE, 2018).



3.1.5 Distribuição dos efectivos bovinos

O efectivo bovino mundial em 2018 foi estimado em aproximadamente 1,5 biliões de cabeças (Drovers, 2018b). Se considerarmos a divisão do efectivo bovino pelos diferentes continentes (Figura 5) verificamos que a Ásia apresenta o maior efectivo, albergando 34% do efectivo global, seguindo-se a América do Sul (24% do efectivo global), a África (com 20% do efectivo global), a América do Norte (9% do efectivo global), a Europa (7% do efectivo global) e a Oceânia (3% do efectivo global).

Numa avaliação de pormenor, verifica-se que 58% do efectivo bovino, ou seja, mais de 850 milhões de animais, se encontram distribuídos por 10 países (Tabela 2), pertencentes à Ásia (Índia, China e Paquistão), América do Sul (Brasil e Argentina), África (Etiópia e Sudão), América do Norte (EUA, México) e Oceânia (Austrália). Na Europa, a França é o país com o maior efectivo, com quase 191 milhões de animais, a que corresponde 1,30% do efectivo global

e o 16º lugar do ranking mundial. Portugal apresenta um efectivo de 1,47 milhões de bovinos, contribuindo com 0,10% do efectivo global e a que corresponde o 94º lugar do ranking mundial.

Figura 5 - Distribuição do efectivo bovino pelos diferentes continentes (Drovers, 2018b).

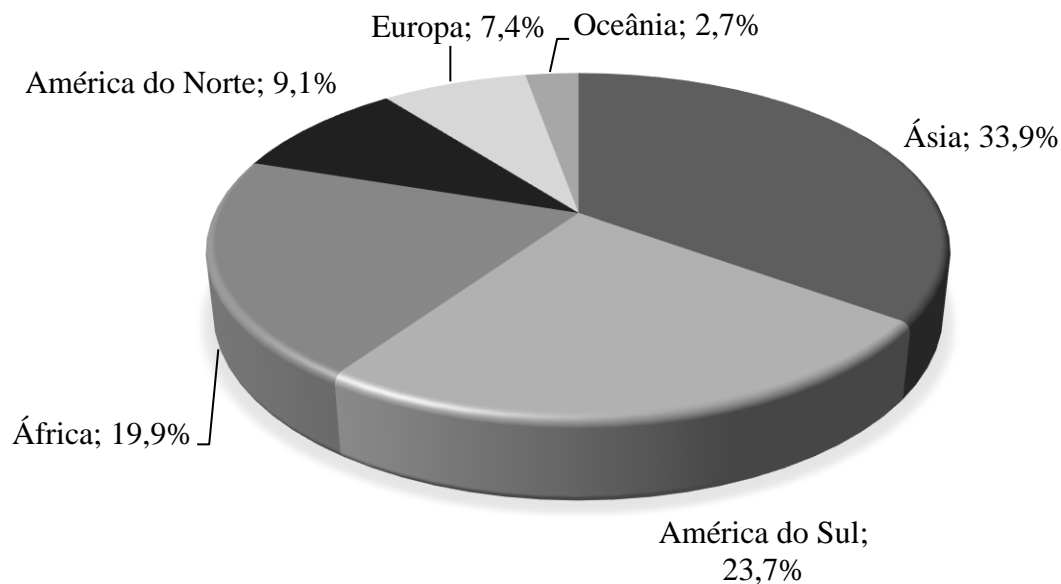


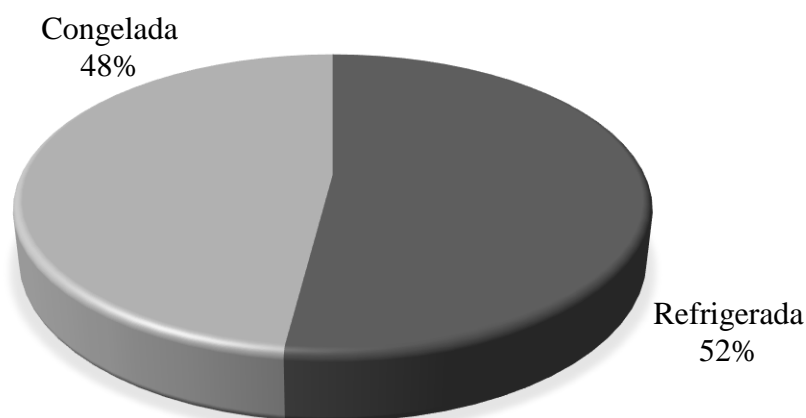
Tabela 2 - Principais efectivos bovinos, número de animais e respectiva contribuição para o efectivo global (Drovers, 2018b).

Ranking	País	Número de animais	% do efectivo global
1	Brasil	211.764.292	14,43%
2	Índia	189.000.000	12,88%
3	China	113.500.000	7,73%
4	EUA	89.299.600	6,08%
5	Etiópia	54.000.000	3,68%
6	Argentina	51.095.000	3,48%
7	Sudão	41.917.000	2,86%
8	Paquistão	38.299.000	2,61%
9	México	32.402.461	2,21%
10	Austrália	29.290.769	2,00%
Σ parcial Total		850.568.122	57,96%

3.1.6 Principais exportadores de carne de bovino

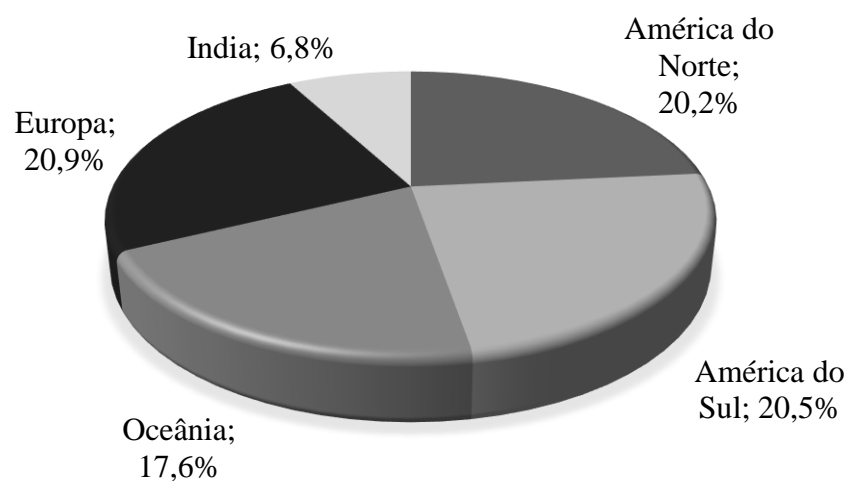
A exportação de carne de bovino em 2017 representou um valor superior a 44 bilhões de dólares Americanos. Do total da carne exportada, 52% foi comercializada em refrigeração e 48% em congelação (Figura 6).

Figura 6 - Principais formas de preservação da carne de bovino no comércio internacional em 2017 (WTEx, 2019).



Os principais países exportadores de carne de bovino localizam-se na Europa, América do Sul e Norte, seguidos pela Oceânia e a Índia (Figura 7). Considerando apenas a exportação de carne refrigerada (Figura 8), esta é dominada pela Europa e América do Norte, responsáveis por 43 e 24,6% da carne de bovino refrigerada transaccionada a nível global, respectivamente. Por outro lado, a comercialização de carne de bovino congelada (Figura 9) é dominada pela América do Sul e Oceânia (31,7 e 24,7% do total de carne de bovino congelada exportada, respectivamente).

Figura 7 - Exportação total de carne de bovino por continente* em 2017 (WTEx, 2018).



*Considerando o subcontinente Indiano como um Continente

Figura 8 - Exportação de carne de bovino refrigerada em 2017 (WTEx, 2018).

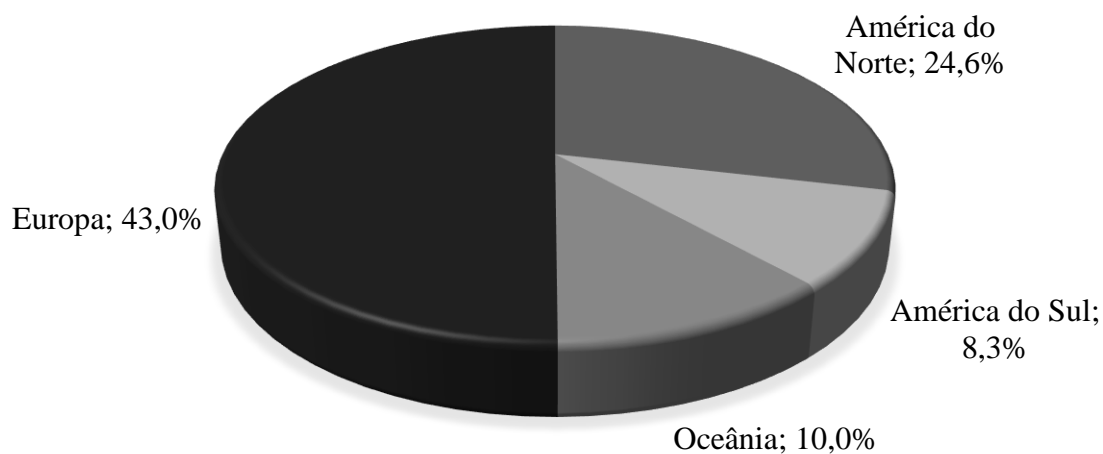
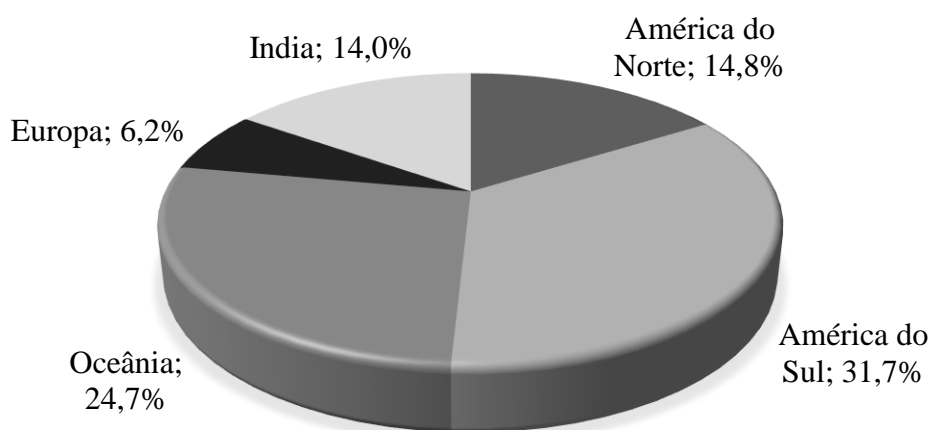


Figura 9 - Exportação de carne de bovino congelada em 2017 (WTEx, 2018).



Numa análise de pormenor (Tabelas 3 e 4) verificou-se que alguns dos principais exportadores mundiais de carne de bovino exportam carne refrigerada e congelada em proporções iguais ou aproximadas, como é o caso dos EUA, Argentina e Paraguai. No entanto, alguns países exportam predominantemente carne congelada, (Austrália e Brasil) ou exclusivamente carne congelada (Índia, Nova Zelândia e Uruguai), enquanto outros países exportam predominantemente carne refrigerada (Holanda, Irlanda, Canadá, Polónia e Alemanha) ou exclusivamente carne refrigerada (México, França, Bélgica, Espanha e Reino Unido).

O consumo de carne global tem apresentado uma trajetória ascendente, embora não se observe um padrão homogêneo nos diferentes tipos de carne. O aumento da população humana a nível global e o progressivo aumento do orçamento das famílias dos países em desenvolvimento sustentará o aumento do consumo *per capita*. A carne branca tem conseguido, de forma progressiva, substituir a carne vermelha (Henchion, McCarthy, Resconi, & Troy, 2014).

Tabela 3 - Principais exportadores de carne de bovino no mercado global em 2017 (WTEx, 2018).

Ranking	País	Valor Transaccionado*	% do mercado global
1	EUA	4,400	14,00%
2	Austrália	0,795	13,10%
3	Brasil	0,857	11,52%
4	Holanda	0,933	7,00%
5	Índia	0,643	6,78%

6	Irlanda	0,611	4,97%
7	Nova Zelândia	0,578	4,52%
8	Canadá	0,903	3,61%
9	Uruguai	0,606	3,43%
10	Polónia	0,966	3,41%
11	Alemanha	0,982	3,16%
12	Argentina	0,723	2,94%
13	Paraguai	0,934	2,60%
14	México	0,992	2,55%
15	França	0,852	2,37%
	Outros	8,497	14,03%
Total Transaccionado		\$ 44.271.260.000	

*Valores expressos em biliões de dólares Americanos

Tabela 4 - Principais exportadores de carne refrigerada e congelada em 2017 (WTEx, 2018).

Carne de bovino fresca/refrigerada			Carne de bovino congelada		
Ranking	País	% do mercado global	Ranking	País	% do mercado global
1	EUA	14,71%	1	Brasil	20,60%
2	Holanda	12,11%	2	Austrália	16,30%
3	Austrália	9,95%	3	Índia	14,00%
4	Irlanda	8,65%	4	EUA	13,20%
5	Canadá	5,62%	5	Nova Zelândia	8,40%
6	Alemanha	5,28%	6	Uruguai	5,40%
7	Polónia	5,02%	7	Argentina	3,00%
8	México	4,29%	8	Paraguai	2,70%
9	França	4,26%	9	Polónia	1,63%
10	Bélgica	3,33%	10	Canadá	1,58%
11	Brasil	2,96%	11	Holanda	1,55%
12	Argentina	2,86%	12	Irlanda	1,12%
13	Paraguai	2,47%	13	Nicarágua	1,05%
14	Espanha	2,45%	14	Alemanha	1,04%
15	Reino Unido	1,93%	15	Itália	0,90%
	Outros	14,10%		Outros	7,53%
Total Transaccionado		\$ 23.114.400.000	Total Transaccionado		\$ 21.300.000.000

3.2 Conversão do músculo em carne

O processo de conversão do músculo em carne é desencadeado pela perda da homeostasia muscular, que é consequência da falência do sistema circulatório e da cessação do fornecimento de oxigénio e nutrientes. Na ausência destes, o músculo não pode recorrer à glicólise nem à fosforilação oxidativa para produzir ATP, assim, após o abate do animal e com o objectivo de manter a homeostasia do tecido muscular, as células utilizam as reservas de ATP e formam

ATP a partir da creatina-fosfato. O esgotamento das reservas de ATP e creatina-fosfato desencadeia a glicólise anaeróbia cujo produto final é o lactato. A acumulação de lactato e hidrogênios é responsável pela queda nos valores de pH que se observa no *rigor mortis* (Lawrie & Ledward, 2006).

A transformação do músculo em carne engloba um conjunto de modificações bioquímicas e estruturais que ocorrem simultaneamente após o abate, podendo ser dividida em três fases: pré-rigor, *rigor mortis* e maturação (Lonergan, Zhang, & Lonergan, 2010; Sentandreu, Coulis, & Ouali, 2002). O pré-rigor ocorre após a morte do animal, apresenta uma duração variável (Sentandreu *et al.*, 2002) e caracteriza-se pela ocorrência de contrações musculares desencadeadas por estímulos nervosos involuntários e a presença de reservas energéticas sob a forma de ATP nos músculos (Ouali, 1990; Tornberg, 1996). A exaustão das reservas de ATP, impedem que o processo de contração/relaxamento muscular perdure no tempo. O *rigor mortis*, também conhecido como rigidez cadavérica, é consequência do esgotamento das reservas de ATP. Na ausência de ATP e de oxigênio, as fibras musculares recorrem à glicólise anaeróbia que converte o glicogénio muscular em lactato, sendo este último responsável pelo decréscimo no pH muscular (Lonergan *et al.*, 2010). Por último, a maturação da carne caracteriza-se pelo enfraquecimento da estrutura miofibrilhar levando a que o músculo apresente uma rigidez inferior, ou seja, aumenta a tenrura (Muchenje *et al.*, 2009). O processo de maturação da carne só é possível pelo decréscimo de pH que se verifica a nível muscular, que tem por consequência a libertação e activação de proteases armazenadas nos lisossomas (Lawrie & Ledward, 2006; Lee, Joo, & Ryu, 2010), como por exemplo o sistema de calpaínas e a calpastatina (inibidor) (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005; Marques, Maróstica, & Pastore, 2010), que degradam as proteínas miofibrilhares (Lee *et al.*, 2010; Marques *et al.*, 2010; Muchenje *et al.*, 2009).

3.2.1 Músculo esquelético

Em termos químicos, o músculo esquelético é, em termos médios, composto por água (75%), proteínas (20%), gordura (3%) e substâncias solúveis não proteicas (2%) (Tornberg, 2005). Em termos estruturais, o músculo esquelético é composto por fibras musculares, que representam cerca de 75-92% do volume total do músculo (Lefaucheur, 2010). Estas por sua vez são

constituídas por miofibrilhas, onde se localizam as unidades contrácteis, os sarcómeros (Lonergan *et al.*, 2010).

3.2.1.1 Fibras musculares

As fibras musculares são células cilíndricas e contrácteis que apresentam diversos núcleos localizados periféricamente na membrana plasmática (sarcolema) (Lee *et al.*, 2010), e que se encontram associadas a pequenas quantidades de tecido conjuntivo, gordura intramuscular, vasos sanguíneos e extremidades nervosas (Lefaucheur, 2010).

De acordo com as suas características metabólicas, morfológicas e contrácteis as fibras musculares podem ser organizadas em fibras tipo I ou tipo II (A e B) (Klont, Brocks, & Eikelenboom, 1998; Lee *et al.*, 2010; Lefaucheur & Gerrard, 2000). As fibras tipo I ou vermelhas apresentam um metabolismo predominantemente oxidativo, possuindo uma irrigação sanguínea muito bem desenvolvida, um elevado número de mitocôndrias e uma elevada concentração de mioglobina. Também apresentam menor diâmetro, respondem de uma forma mais lenta à estimulação nervosa, mas são mais resistentes à fadiga muscular que as fibras do tipo II. Por seu turno, as fibras tipo II, também designadas por fibras brancas, subdividem-se em dois grupos: A e B. As fibras tipo IIB apresentam um maior diâmetro, metabolismo predominantemente glicolítico, possuem menor irrigação, menor densidade de mitocôndrias e menor concentração de mioglobina comparativamente às fibras tipo I. Respondem de uma forma rápida ao estímulo nervoso, mas são pouco resistentes à fadiga. Já as fibras do tipo IIA são consideradas fibras com características intermédias relativamente aos outros dois tipos de fibras, apresentando um metabolismo glicoxidativo (Klont *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 2010; L Lefaucheur, 2010; Lefaucheur & Gerrard, 2000).

3.2.1.2 Tecido conjuntivo

A quantidade, distribuição espacial e composição do tecido conjuntivo no músculo variam com a posição do músculo na carcaça e com a idade dos animais (Purslow, 2005). Em termos percentuais, o tecido conjuntivo presente ao nível intramuscular é mínimo, no entanto, tem um papel preponderante na força de corte, sendo por essa razão um assunto de grande importância

quando se avalia a qualidade sensorial da carne, e em particular a sua tenrura (Oddy, Harper, Greenwood, & McDonagh, 2001).

A organização das fibras musculares e a sua capacidade contráctil dependem em grande parte da rede de tecido conjuntivo que as envolve, e que se organiza a diferentes planos. Cada fibra muscular é envolvida por uma bainha de tecido conjuntivo, designada por endomísio. Por forma a maximizar a capacidade contráctil do músculo, um número variável de fibras musculares é agrupado e envolvido por um fascículo de tecido conjuntivo designado de perimísio. A envolver todo o músculo encontramos uma membrana de tecido conjuntivo, o epimísio (Lawrie & Ledward, 2006). Esta organização estrutural permite manter as fibras musculares unidas e que a força contráctil de todas as fibras musculares se unifique numa só força (Junqueira & Carneiro, 2004).

As fibras de colagénio são compostas por monómeros de tropocolagénio, que são constituídos por uma hélice de três cadeias polipeptídicas (Lawrie & Ledward, 2006; Purslow, 2005; Tornberg, 2005). O colagénio é o principal componente do endomísio, perimísio e epimísio (Purslow, 2005), sendo as fibras de colagénio que compõem o endomísio mais finas e com menor organização do que as fibras presentes no perimísio, que apresenta fibras de colagénio mais grossas. Consequentemente, o teor de colagénio do perimísio é consideravelmente superior (90% do colagénio total) à do endomísio e é variável entre diferentes músculos, sendo por isso considerado o principal factor a influenciar diferenças de tenrura entre músculos do mesmo animal (Purslow, 2018). Com o avançar da idade as ligações de colagénio tornam-se mais estáveis, o que contribui para a diminuição da tenrura da carne (Lepetit, 2008; Nishimura, 2010). A maior estabilidade do colagénio resulta do aumento de ligações intermoleculares (entre as moléculas de tropocolagénio) e intramoleculares (entre as cadeias polipeptídicas da hélice), o que torna a matriz mais coesa (Lawrie & Ledward, 2006; Purslow, 2005, 2018; Robins, Shimokomaki, & Bailey, 1973; Rodrigues, Rodrigues Júnior, & Bohm, 1996).

3.2.1.3 Gordura intramuscular

A gordura intramuscular compreende a fracção polar, constituída pelos lípidos estruturais presentes nas membranas celular e subcelulares (fosfolípidos e colesterol), e a fracção neutra, composta predominantemente por triacilgliceróis armazenados nos adipócitos, que se localizam

predominantemente entre as fibras musculares, entre os fascículos e, em menor escala, no interior da fibra muscular (Enser, Hallett, Hewitt, Fursey, & Wood, 1996). A fracção polar mantém-se constante ao longo do tempo, representando na carne de bovino 10-30% do teor de lípidos ao nível intramuscular (Wood *et al.*, 2008), enquanto a fracção neutra é variável e depende da acumulação de triacilgliceróis nos adipócitos presentes entre as fibras musculares, estando as reservas de triacilgliceróis intimamente relacionadas com a raça, a idade, a dieta, o manejo dos animais e o tipo de músculo (Scollan *et al.*, 2006).

O teor de fosfolípidos no músculo varia de acordo com o perfil de fibras musculares presentes no mesmo, já que as fibras musculares possuem diâmetros distintos e, portanto, o rácio membrana citoplasmática/citoplasma é diferenciado. As fibras tipo I, por possuírem um diâmetro menor, apresentam um maior teor de fosfolípidos e colesterol comparativamente às fibras tipo IIB que apresentam um diâmetro superior. Já as fibras do tipo IIA apresentam um teor de fosfolípidos e colesterol intermédio, devido ao seu diâmetro intermédio (Vestergaard, Oksbjerg, & Henckel, 2000). Para além disso, as fibras tipo I apresentam reservas intracelulares de triacilgliceróis superiores, que são usadas para produzir energia através do metabolismo oxidativo (Alasnier, Rémignon, & Gandemer, 1996; Klont *et al.*, 1998).

3.3 Parâmetros físico-químicos

3.3.1 pH

O pH é um parâmetro de grande importância na conversão do músculo em carne e na qualidade da mesma (Immonen, Ruusunen, Hissa, & Puolanne, 2000). A falência da circulação sanguínea leva a que o fornecimento de oxigénio e nutrientes ao músculo esquelético seja interrompido, ocorrendo uma mudança do metabolismo aeróbio para o metabolismo anaeróbio. Devido à ausência de oxigénio, as reservas de glicogénio muscular (principal fonte de energia) são convertidas em lactato (produto final da glicólise anaeróbia) (Lee *et al.*, 2010; Lonergan *et al.*, 2010), sendo que a sua acumulação nas células musculares culmina na diminuição do pH para valores próximos de 5,5 (Lefaucheur, 2010; Muchenje *et al.*, 2009).

As reservas de glicogénio muscular pré-abate condicionam a descida do pH (Lensink, Fernandez, Cozzi, Florand, & Veissier, 2001), que por sua vez influencia outras características qualitativas da carne como é o caso da cor (Oddy *et al.*, 2001), da capacidade de retenção de

água e da tenrura (Muchenje *et al.*, 2009). Os bovinos sujeitos a níveis elevados de *stress* no período pré-abate esgotam as reservas de glicogénio em consequência da libertação das catecolaminas, que são responsáveis por aumentarem o batimento cardíaco e a glicogenólise no músculo (Lensink *et al.*, 2001; Muchenje *et al.*, 2009; Tarrant, 1989). O esgotamento das reservas de glicogénio muscular impede a produção de lactato e, consequente, a acidificação muscular no período após o abate, culminando em carnes com valores de pH elevados (pH>5,8), sendo que em casos extremos (pH>6,0) pode condicionar negativamente a qualidade sensorial da carne, originando a formação de carnes DFD (*Dry, Firm and Dark*) (Immonen *et al.*, 2000; Kannan, Chawan, Kouakou, & Gelaye, 2002; Ngapo & Gariépy, 2006). O pH elevado das carnes DFD permite a multiplicação microbiana e a ausência de metabolitos provenientes da glicólise anaeróbia obriga as bactérias a usarem os compostos azotados como fonte de energia, o que resulta na formação de um aroma desagradável à superfície da carne. O rápido desenvolvimento microbiano e o intenso odor emanado reduzem consideravelmente o tempo de prateleira (Immonen *et al.*, 2000; Tarrant, 1989).

3.3.2 Cor

As decisões de compra de carne são mais influenciadas pela aparência, nomeadamente a cor da carne, do que por qualquer outro parâmetro (Mancini & Hunt, 2005; Muchenje *et al.*, 2009; Oddy *et al.*, 2001). Para os consumidores, a cor vermelho brilhante da carne representa frescura e salubridade, contrariamente, à carne escura que é visualmente desagradável e que por isso é rejeitada (Bekhit & Faustman, 2005; Mancini & Hunt, 2005).

A cor da carne está dependente de diversos factores intrínsecos (sexo, raça, idade, tipo de músculo e pH) e extrínsecos (temperatura, disponibilidade de oxigénio, exposição à luz e multiplicação bacteriano) (Bekhit & Faustman, 2005) e reflecte a concentração de mioglobina, principal proteína responsável pela cor da carne, e o seu estado de oxigenação e oxidação na superfície do músculo (Kropf, 1980; Mancini & Hunt, 2005; Oddy *et al.*, 2001). A carne embalada a vácuo apresenta uma cor vermelho púrpura devido à desoximioglobina. Quando esta entra em contacto com o oxigénio forma um composto designado por oximioglobina, que é responsável pela cor vermelho brilhante da carne fresca. No entanto, a exposição continuada da oximioglobina ao oxigénio culmina na formação de metamioglobina, responsável pela cor castanha da carne (Mancini & Hunt, 2005; Renerre, 2000).

3.3.2.1 Sistema de medição da cor

O método de medição da cor mais utilizado pela comunidade científica é o das coordenadas de cor CIELAB definido pela *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE). Neste método as principais coordenadas para definir a cor são o L* que representa o valor de luminosidade da carne e é uma medida da luz reflectida (representado sob a forma de um valor numérico compreendido entre 0 e 100) e representa a diferença entre escuro (0) e claro (100). Os componentes a* e b* são apelidados de coordenadas cromáticas sendo que a coordenada a* mede a proporção entre verde (-60) e vermelho (+60) e a coordenada b* mede a proporção entre azul (-60) e amarelo (+60) (Muchenje *et al.*, 2009).

3.4 Composição Nutricional da Carne de Bovino

Em termos de composição nutricional, a carne de bovino é uma fonte de proteína com elevado valor biológico, micronutrientes, como vitaminas (A, B₉, B₁₂ e D) e minerais (ferro, zinco e selénio) (Williamson, Foster, Stanner, & Buttriss, 2005) e gordura, que é utilizada como fonte de energia e elemento estrutural das membranas celulares e subcelulares (Daley, Abbott, Doyle, Nader, & Larson, 2010). A inexistência de uma pró-vitamina B₁₂ de origem vegetal, e a baixa taxa de conversão do β -caroteno (pró-vitamina A de origem vegetal) em vitamina A, reforça a importância da carne de bovino na dieta humana (Biesalski, 2005). No entanto, o consumo de gordura, especificamente gordura saturada que se encontra em quantidade considerável na carne, tem sido associada ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares (Higgs, 2000; Pereira & Vicente, 2013).

3.4.1 Perfil Lipídico

3.4.1.1 Ácidos Gordos

Os ácidos gordos são ácidos carboxílicos compostos por um grupo metil, uma cadeia hidrocarbonada de tamanho variável e um grupo carboxílico (Tvrzicka, Kremmyda, Stankova, & Zak, 2011). A cadeia hidrocarbonada poderá ser constituída exclusivamente por ligações

simples e, por isso, é designada por cadeia saturada (SFA), pode apresentar uma ligação dupla, sendo designada por monoinsaturada (MUFA), ou apresentar várias ligações duplas, sendo denominada por poliinsaturada (PUFA) (FAO, 2010; Ratnayake & Galli, 2009). Biologicamente, os ácidos gordos são importantes por desempenharem diversas funções no organismo, nomeadamente: a nível estrutural fazendo parte dos fosfolípidos; como fonte de energia (triacilgliceróis); e como precursores dos eicosanóides (Quintas, Freire, & Halpern, 2008).

A Organização Mundial de Saúde elaborou um relatório relativamente à ingestão de gordura (WHO, 2003), em que dentro das diversas recomendações apresentadas se destaca a diminuição da ingestão de SFA e o aumento da ingestão de n-3PUFA. Nos SFA, os ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0) são aqueles que apresentam acção hipercolesterolémica (FAO, 2010). Contrariamente, o ácido oleico (MUFA) em conjunto com os PUFA são conhecidos por apresentarem uma função antagónica ao diminuírem o colesterol sob a forma de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) (FAO, 2010; Kris-Etherton, 1999).

Nos PUFA, o ácido α -linolénico (C18:3n-3, um ácido gordo da família ómega-3) e o ácido linoleico (C18:2n-6, um ácido gordo da família ómega-6) são ácidos gordos essenciais na dieta, uma vez que o corpo humano não os consegue sintetizar (FAO, 2010; Simopoulos, 2004). Ambos os ácidos gordos são importantes e servem como precursores de outros compostos. O ácido α -linolénico (C18:3n-3) é precursor dos ácidos eicosapentaenóico (C20:5n-3 ou EPA) e docosahexaenóico (DHA), que por sua vez são precursores de alguns eicosanóides (prostaglandina E₃, tromboxano A₃, prostaciclina 3 e leucotrieno B₅) (FAO, 2010; Simopoulos, 2002) com propriedades anti-aterogénicas, anti-trombóticas e anti-inflamatórias (Givens & Gibbs, 2008; Givens, Kliem, & Gibbs, 2006; Hunty, 1995; Simopoulos, 2004). Por outro lado, o ácido araquidónico (C20:4n-6), produzido a partir do ácido linoleico (C18:2n-6), também é precursor de eicosanóides (prostaglandina E₂, tromboxano A₂, prostaciclina 2 e leucotrieno B₄) (FAO, 2010; James *et al.*, 2000; Simopoulos, 2002), no entanto, estes estão associados ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares, inflamação e cancro (Simopoulos, 2002; Simopoulos, 2004; Simopoulos, 1997).

Os ácidos gordos das famílias n-3PUFA (ómega-3) e n-6PUFA (ómega-6) são duas famílias distintas, no entanto, o processo de alongamento e insaturação dos ácidos gordos constituintes das duas famílias está dependente das mesmas enzimas. O excesso de n-6PUFA na dieta

humana interfere com o metabolismo da família n-3PUFA, já que as enzimas são predominantemente usadas no alongamento e insaturação dos ácidos gordos da família n-6PUFA (FAO, 2010; Givens & Gibbs, 2008). Consequentemente, a incorporação dos ácidos gordos n-3PUFA nos lípidos dos tecidos é reduzida (Ruxton, Reed, Simpson, & Millington, 2004) e os eicosanóides predominantes nas células são prostaglandina E₂, tromboxano A₂, prostaciclina 2 e leucotrieno B₄. O equilíbrio na dieta entre ácidos gordos n-3PUFA e os ácidos gordos n-6PUFA é importante, pois representa um factor de risco para a saúde humana (Simopoulos, 2002; Simopoulos, 2004).

O perfil de ácidos gordos da carne pode ser alterado através da alimentação dos animais, independentemente da genética, sexo, idade, espécie ou localização geográfica (Woods & Fearon, 2009). Animais que tenham ingerido pasto na fase de acabamento apresentam teores mais baixos de gordura total e teores elevados de C18:3 n-3 (Alfaia *et al.*, 2009; Ponnampalam, Mann, & Sinclair, 2006). O acabamento dos bovinos em pasto permite também obter carne com um teor mais elevado de ácido esteárico (C18:0), um SFA sem impacto no colesterol sérico, e de ácido vacénico (C18: 1 *trans*-11), ácido gordo importante para a síntese do ácido ruménico (C18:2 *cis*-9,*trans*-11), principal isómero do ácido linoleico conjugado (CLA) (Alfaia *et al.*, 2009; Daley *et al.*, 2010). O CLA é conhecido pelas suas propriedades antioxidantes e anti-carcinogénicas (Alfaia *et al.*, 2009). Comparativamente, animais alimentados com cereais apresentam concentrações de MUFA elevadas, nomeadamente de ácido oleico (C18:1 *cis*-9) (Alfaia *et al.*, 2009; Daley *et al.*, 2010).

Os ácidos gordos estão envolvidos em vários aspectos "tecnológicos" de qualidade da carne, já que apresentam diferentes pontos de fusão, o que condiciona a firmeza/suavidade da gordura na carne (Nishimura, 2010). Por outro lado, os PUFA são bastante sensíveis aos processos de oxidação, e a sua susceptibilidade à oxidação aumenta com o número de ligações duplas (Arakawa & Sagai, 1986). Por essa razão, o teor em PUFA e o seu nível de insaturação são factores que influenciam a susceptibilidade à oxidação e por consequência o tempo de prateleira dessa carne (Insani *et al.*, 2008; Renner, 2007).

3.4.1.2 Colesterol

O colesterol, uma molécula estrutural das membranas celulares e subcelulares das células animais (Yeagle, 1985), apresenta uma estrutura maioritariamente hidrofóbica e numa extremidade um grupo hidroxilo que lhe confere propriedades hidrofílicas (Quintas *et al.*, 2008). Este carácter anfipático permite-lhe que se posicione nas membranas celulares entre os fosfolípidos (Alasnier *et al.*, 1996). O colesterol também modula as funções das proteínas de membrana e participa em vários processos de tráfego de membrana e de sinalização transmembranar (Ikonen, 2008).

O colesterol interage com outros lípidos de membrana e com proteínas específicas, conferindo às membranas celulares propriedades biofísicas especiais que aumentam o ordenamento (coesão e empacotamento) dos lípidos membranares, afectando consequentemente as propriedades biofísicas da membrana, ao diminuir a fluidez da membrana e a permeabilidade às moléculas polares (Chabanel *et al.*, 1983; Gleason, Medow, & Tulenko, 1991; Simons & Vaz, 2004). Para além da importante função estrutural ao nível das membranas celulares e subcelulares, o colesterol é usado para a síntese das hormonas esteróides (cortisol, testosterona, estradiol, progesterona) e de sais biliares, para além de ser usado para a síntese de vitamina D₃ (Dietschy, 1984; Ikonen, 2008; Simons & Vaz, 2004; Valenzuela, Sanhueza, & Nieto, 2004).

Por tudo o exposto anteriormente, o colesterol é indispensável à vida dos mamíferos (Orczewska-Dudek, Bederska-Łojewska, Pieszka, & Pietras, 2012), podendo ser obtido pela dieta, através da ingestão de alimentos de origem animal, ou por biossíntese hepática (Valenzuela *et al.*, 2004). No caso dos humanos a principal fonte de colesterol é a ingestão de produtos de origem animal (Leonarduzzi, Sottero, & Poli, 2002), nomeadamente carne e miudezas (Chizzolini, Zanardi, Dorigoni, & Ghidini, 1999). O teor de colesterol na carne é variável dependendo da espécie, genética e no mesmo animal variável de acordo com o músculo, pois depende da composição de fibras musculares que o constituem (Alasnier *et al.*, 1996; Chizzolini *et al.*, 1999).

O facto dos níveis plasmáticos de colesterol terem sido associados às doenças cardiovasculares contribuiu para que os consumidores mais informados se preocupem com a concentração de colesterol nos alimentos que ingerem (Biesalski, 2005; Chizzolini *et al.*, 1999).

3.4.2 Estabilidade da Carne de Bovino

3.4.2.1 Oxidação Lipídica

A deterioração da qualidade da carne pode surgir de diversas formas, sendo uma das causas a oxidação da carne (Buckley, Morrissey, & Gray, 1995; Descalzo & Sancho, 2008), tendo por consequência alterações nas características intrínsecas da mesma (cor, sabor, odor e textura) (Gray, Gomaa, & Buckley, 1996). Sendo a cor da carne o principal atributo que o consumidor recorre como parâmetro de aceitação, a descoloração da carne como consequência dos fenómenos de oxidação diminui a sua aceitabilidade (Gray *et al.*, 1996; Smith, Morgan, Sofos, & Tatum, 1996). Para além disso, a oxidação dos ácidos gordos poliinsaturados contribui para a deterioração da qualidade nutricional da carne, enquanto a oxidação do colesterol tem como principal consequência a formação de compostos potencialmente tóxicos, que exibem efeitos mutagénicos, carcinogénicos e propriedades citotóxicas (Esterbauer, 1993; Homma *et al.*, 2004; Kubow, 2009)

3.4.2.2 Protecção antioxidante da carne

A capacidade antioxidante da carne é de grande importância para a preservação da cor vermelha brilhante e da qualidade nutricional (Falowo, Fayemi, & Muchenje, 2014). Contudo, os mecanismos de controle que inibem a oxidação *in vivo*, tornam-se progressivamente menos eficientes após o abate do animal (Kerry, Buckley, & Morrissey, 2000). Tal resulta da perda de homeostasia ao nível da fibra muscular, o que torna as enzimas responsáveis pela protecção antioxidante (catalase, glutathione peroxidase e superóxido dismutase) progressivamente ineficazes (Decker, Faustman, & Lopez-Bote, 2000; Descalzo & Sancho, 2008). Para além da protecção antioxidante da responsabilidade das enzimas, as fibras musculares possuem outras moléculas com propriedades antioxidantes, cuja acção antioxidante perdura após o abate. Dentro destas moléculas encontramos antioxidantes hidrossolúveis, como o ácido ascórbico (vitamina C) e alguns péptidos de baixa massa molecular, e moléculas lipossolúveis como a vitamina E e o β -caroteno (Descalzo & Sancho, 2008; Do, Cozzolino, Muhlhausler, Box, & Able, 2015). A concentração dos péptidos com acção antioxidante depende da genética do animal, enquanto as concentrações dos antioxidantes lipossolúveis depende exclusivamente do manejo alimentar e dieta dos animais, uma vez que estes não apresentam capacidade biossintética para os produzir endogenamente (Decker *et al.*, 2000).

3.4.2.3 β -caroteno (pró-vitamina A)

Os carotenóides são pigmentos que são sintetizados nas plantas, fungos e bactérias mas não são sintetizados pelos mamíferos, pelo que têm de ser obtidos através da dieta (Edge, McGarvey, & Truscott, 1997). Os carotenóides apresentam função antioxidante, impedindo a propagação das reacções oxidativas (Edge *et al.*, 1997). O β -caroteno é o principal carotenóide presente na carne de bovino (Daley *et al.*, 2010), apresentado uma acção pró-vitamina A, ou seja, pode ser enzimaticamente convertido em vitamina A em situações de carência desta, e encontra-se depositado nas reservas adiposas e nas membranas celulares. No entanto, ao contrário do α -tocoferol que se localiza nas zonas hidrofílicas da membrana celular, o β -caroteno localiza-se na zona hidrofóbica da membrana, entre as extremidades hidrofóbicas dos fosfolípidos (Fukuzawa, Inokami, Tokumura, Terao, & Suzuki, 1998). Pela sua localização nas membranas e por apresentar uma menor afinidade que o α -tocoferol pelos radicais livres (Mortensen, Skibsted, & Truscott, 2001; Tsuchihashi, Kigoshi, Iwatsuki, & Niki, 1995), podemos afirmar que o β -caroteno providência uma protecção antioxidante complementar aos tocoferóis presentes na superfície da membrana, funcionando como uma segunda linha de protecção antioxidante (Mortensen *et al.*, 2001).

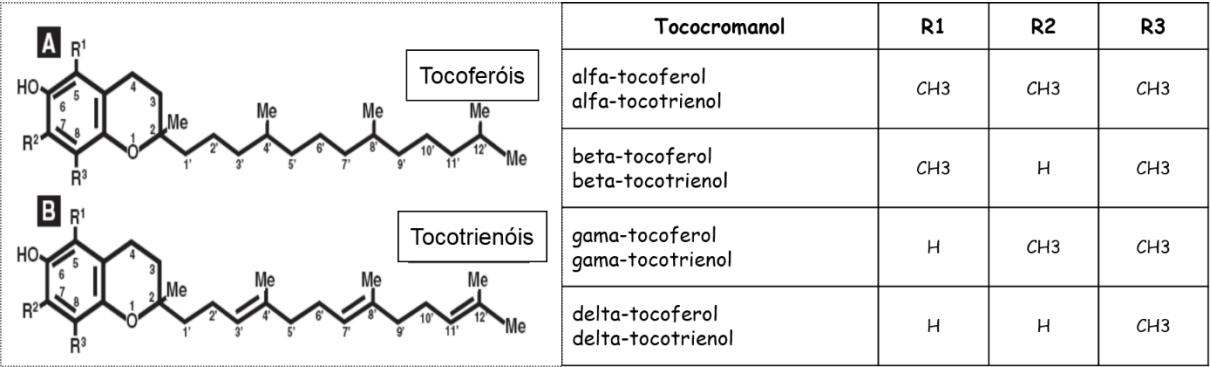
3.4.2.4 Vitamina E

A vitamina E é um conjunto de oito moléculas (tococromanóis) agrupadas em duas famílias: os tocoferóis (α -, β -, γ -, δ) e os tocotrienóis (α -, β -, γ -, δ). Em termos estruturais, os oito tococromanóis são constituídos por um anel cromanol e uma cadeia lateral de dezasseis átomos de carbono (Daley *et al.*, 2010; Ratnayake & Galli, 2009; Schneider, 2005), sendo que a diferença entre tocoferóis e tococromanóis reside no grau de saturação da cadeia lateral, isto é, os tocoferóis possuem uma cadeia lateral saturada (fitil) com três centros quirais nos carbonos 2, 4 e 8, enquanto os tocotrienóis possuem uma cadeia lateral insaturada (isoprenóide) com três ligações duplas nas posições 3', 7' e 11' (Schneider, 2005; Wang & Quinn, 1999).

Tanto os tocoferóis como os tocotrienóis apresentam quatro homólogos (α -, β -, γ -, e δ -) que diferem entre si de acordo com o número e localização dos grupos metilo presentes no anel cromanol (Figura 10). Os tococromanóis (tocoferóis e tocotrienóis) são sintetizados exclusivamente por plantas e organismos oxigénicos e fotossintéticos (DellaPenna, 2005), por

essa razão o teor de vitamina E e o perfil de tococromanóis na carne depende da composição da dieta do animal (Faustman *et al.*, 1989).

Figura 10 - Estrutura química dos tocoferóis e tocotrienóis (Adaptado de Quaresma *et al.*, (2008)).



O metabolismo e deposição desta vitamina nos tecidos é regulada pelo fígado e, mais concretamente, pela *α-tocopherol transfer protein* (*α*-TTP). Entre os oito tococromanóis, o *α*-tocoferol é preferencialmente incorporado nas lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL) devido à maior afinidade da *α*-TTP para o *α*-tocoferol (Kayden & Traber, 1993; Traber, 1994), sendo por essa razão preferencialmente distribuído na corrente sanguínea, tornando-o o homólogo da vitamina E biologicamente mais activo e com maior distribuição (Schneider, 2005). No entanto, todos os tococromanóis apresentam propriedades antioxidantes relativamente semelhantes (Traber & Atkinson, 2007). É pelas suas propriedades antioxidantes que a vitamina E é amplamente conhecida (Kayden & Traber, 1993; Traber, 1994), pois permite proteger as células do efeito dos radicais livres do oxigénio, que são conhecidos pelo seu papel prejudicial e contributo no desenvolvimento de doenças crónicas (Daley *et al.*, 2010). Tal facto deve-se à localização da vitamina E entre os fosfolípidos membranares, onde cada molécula de *α*-tocoferol protege 100-1000 fosfolípidos na sua periferia (Burton, Joyce, & Ingold, 1983), por apresentar uma maior afinidade pelos radicais livre do oxigénio do que os ácidos gordos polinsaturados presentes nos fosfolípidos membranares (Atkinson, Epand, & Epand, 2008). Por outro lado, o *γ*-tocoferol também apresenta uma função antioxidante relevante, que pode ser classificada como complementar, uma vez que tem elevada afinidade pelos radicais livres do oxigénio e do azoto, enquanto a acção antioxidante do *α*-tocoferol se limita aos radicais livres do oxigénio (Jiang, Christen, Shigenaga, & Ames, 2001).

A suplementação dos alimentos concentrados com vitamina E tem sido realizada de acordo com as necessidades fisiológicas dos animais de produção, por essa razão a carne não é considerada uma fonte relevante de vitamina E para a dieta humana. Por outro lado, a supressão das necessidades biológicas não permite que a carne dos animais apresente teores de vitamina E suficientes para a estabilização oxidativa da carne. Na carne bovina foi estabelecido que são necessários teores de vitamina E de 3,5 µg/g de carne para impedir que a oxidação da carne ocorra de forma rápida (Faustman *et al.*, 1989; Mitsumoto, Cassens, Schaefer, Arnold, & Scheller, 1991).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Material biológico

4.1.1 Caracterização das amostras

A equipa de *Sourcing* do Pingo Doce (Dr. Luís Correia e Dr. José Fraga) contactou as principais empresas importadoras de picanha e habituais fornecedores do grupo Jerónimo Martins e garantiram a sua colaboração no estudo. As origens seleccionadas para o estudo foram: Alemanha, Botswana, Canadá, Escócia, Estados Unidos da América, Inglaterra, Irlanda, Holanda, Namíbia, Polónia e Nova Zelândia. A selecção e recolha das amostras realizou-se de igual forma para as diferentes origens. A amostragem foi realizada a partir de 10 picanhas, seleccionadas a partir de diferentes lotes (uma picanha por lote), por forma a que o conjunto das amostras fosse representativo da origem. No total foram recolhidas 110 amostras.

4.1.2 Recolha de amostra

A recolha da amostra foi realizada por técnicos das empresas de importação na presença do Mestrando responsável pelo estudo. A picanha refrigerada e embalada em vácuo foi desembalada, cortada em 2 metades e da zona de corte foi retirado um bife com 2 cm de espessura. Cada um dos bifos foi colocado num saco de polietileno, identificado de acordo com a origem e transportado em refrigeração no interior de uma mala térmica a uma temperatura entre os 3-5° até ao laboratório de Tecnologia dos produtos animais da Faculdade de Medicina Veterinária (FMV).

4.1.3 Preparação da amostra

Após a chegada à FMV, as amostras foram sujeitas à determinação do pH e da cor. Logo após as primeiras determinações, removeu-se a cobertura de tecido adiposo que cobria uma das faces da amostra, cortou-se a amostra em cubos de aproximadamente 2 por 2 cm e procedeu-se à sua homogeneização usando uma picadora Moulinex (de uso doméstico). Após homogeneização da amostra, esta foi embalada a vácuo (Tecnotrip, Barcelona, Espanha) em sacos de polietileno

com 90 µm de espessura (Tecnopack, Venda do Pinheiro, Portugal), procedimento realizado no laboratório de tecnologia dos produtos alimentares da FMV.

As amostras foram colocadas em congelação a -20° C e aí permaneceram até serem recolhidas todas as amostras usadas no estudo.

4.2 Determinação de parâmetros físico-químicos

4.2.1 Determinação do pH

A determinação do pH das amostras de picanha (músculo *gluteus biceps*) foi realizada de acordo com a Norma Portuguesa – 3441 (2008), recorrendo-se a um potenciómetro portátil HI9023 (HANNA Instruments, Itália) equipado com um eléctrodo de perfuração FC230B (HANNA Instruments, Itália). Para cada amostra foram realizadas três medições de pH e a sua média aritmética foi o valor utilizado para efeitos estatísticos.

4.2.2 Determinação da cor

A determinação da cor das amostras de picanha (músculo *gluteus biceps*) foi realizada de acordo com o método de coordenadas de cor CIELAB definido pela Commission Internationale de l'Eclairage, recorrendo-se a um colorímetro Minolta CR 300 colorimeter (Konica Minolta Holdings Inc., Tokyo, Japan). Primeiramente, as amostras foram expostas ao ar durante uma hora, de modo a permitir a oxigenação da carne. De seguida realizaram-se duas medições consecutivas da cor (o que corresponde a três disparos por medição), sendo a média aritmética das duas medições o valor utilizado para efeitos estatísticos.

4.3 Determinação simultânea dos teores de vitamina E, colesterol e β-caroteno

4.3.1 Equipamento utilizado

- Balança (Gilbertini, E42)
- Vórtex (Heidolph, Multireax)
- Banho-maria com agitação (GFL, 1083)

- Centrífuga (Sigma, modelo 6K10)
- Filtros de seringa hidrofóbicos 0,45 µm (GHP Acrodisc, Life Sciences)
- Seringa de vidro (*Originali* Leber, Itália)
- Viais de cromatografia de cor âmbar (VWR com 1,5 ml)
- Tubos de vidro borosilicado (Kimax de 16 ml)

4.3.2 Reagentes

- Ácido ascórbico (Merck Biosciences, Alemanha)
- Água ultra-pura (MiliQ, Tipo I)
- *n*-Hexano HPLC grade (Merck Biosciences, Alemanha)
- Etanol absoluto (99.8% puro; AGA, Portugal)
- Butylated hydroxytoluene (BHT; Merck Biosciences, Alemanha)
- Sulfato sódico anidro (Merck Biosciences, Alemanha)
- Azoto Grau R (Gasin, Portugal)

4.3.3 Soluções preparadas extemporaneamente

- Solução de saponificação: solução KOH (Merck, Biosciences, Alemanha) 11% (w/v) em etanol absoluto 55% (v/v) e água ultra-pura 45% (v/v)
- Solução de *n*-Hexano com antioxidante (BHT na concentração de 25 mg/l)
- Solução móvel para HPLC (1% de Isopropanol em *n*-Hexano)

4.3.4 Extracção e saponificação

Na saponificação e extracção das amostras (músculo *gluteus biceps*) foi realizado em duplicado usando o método descrito por Prates *et al.* (2006). Resumidamente, nos tubos de vidro borosilicado de 16 ml pesou-se 0,75 g de carne fresca e adicionou-se 0,20 g de ácido ascórbico e 5,5 ml de solução de saponificação, tendo-se agitado os tubos de imediato no vórtex por forma a evitar a aglomeração dos fragmentos da amostra. De seguida, substitui-se o ar dos tubos por azoto e os tubos foram agitados novamente no vórtex até à dissolução completa do ácido

ascórbico. Os tubos foram colocados em banho-maria (80 °C com agitação a 200 rpm) por um período de 15 minutos. Findo este período, os tubos foram arrefecidos em água à temperatura ambiente durante 1 minuto, foi-lhes adicionado 1,5 ml de água e 3 ml de n-hexano e agitados vigorosamente no vórtex durante dois minutos. Posteriormente, centrifugou-se os tubos (5 minutos a 2500 rpm) e aspirou-se a fase superior (contendo o n-hexano) para novos tubos de vidro borossilicado (16 ml) aos quais se adicionou, previamente, 0,10 g de sulfato de sódio anidro. Os novos tubos foram agitados no vórtex e o seu conteúdo transferido para seringa de vidro acoplada a um filtro hidrofóbico, sendo o n-hexano filtrado pela passagem pelo filtro hidrofóbico e armazenado em viais de vidro de cor âmbar que foram fechados com septos de *teflon* e armazenados numa caixa a -20°C até à realização das análises de cromatografia líquida de alta performance (HPLC).

4.3.5 Análise por Cromatografia líquida de alta performance (HPLC)

A análise simultânea do colesterol, vitamina E e β -caroteno das amostras armazenadas nos viais de cor âmbar (correspondentes às amostras em estudo) foi realizada através de HPLC (Agilent série 1100) composto por uma coluna de sílica de fase normal (ZorbaxRx-Stil com a pré-coluna analítica 12.5mm, 4.6 mm ID x 25 cm, com tamanho de partícula 5 μ m, Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA, USA), uma bomba quaternária (Agilent G1311A), um desgaseificador de solventes (Agilent G1322A), um compartimento de colunas termostaticado com arrefecimento (Agilent, G1316A), um amostrador automático (Agilent, G1313A), um detector UV-Vis de fotodíodos (Agilent G1315A) para a detecção do colesterol (comprimento de onda de 202 nm) e β -caroteno (comprimento de onda de 450 nm) e um detector de fluorescência (Agilent G1321A) para a determinação dos tococromanóis (excitação a um comprimento de onda de 295 nm e emissão a 325 nm). Na fase móvel foi utilizado hexano-isopropanol (99:1) com um fluxo de 1.0 ml/min. O tempo de corrida foi de 20 minutos, a temperatura da coluna foi ajustada aos 20 °C e o volume de injeção variou entre 10-100 μ l de modo a que as áreas dos picos dos cromatogramas estivessem dentro do intervalo de valores usado na construção da curva de calibração para cada composto. Na quantificação dos compostos foi utilizado o método do padrão externo através da curva de calibração previamente realizada. A leitura dos cromatogramas foi realizada com recurso ao Software HP ChemStation for LC 3D (Rev. A.09.01, Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA, USA).

4.4 Determinação do perfil de ácidos gordos

4.4.1 Equipamento utilizado

- Banho-maria (GFL, 1083)
- Vórtex (Heidolph, Multireax)
- Viais de GC
- Centrífuga (Sigma, modelo 6K10)
- Tubos de vidro borosilicado (Kimax de 16 ml)

4.4.2 Reagentes

- Metanol (MerckBiosciences, Alemanha)
- Sulfato de Sódio anidro (MerckBiosciences, Alemanha)
- Ácido sulfúrico (MerckBiosciences, Alemanha)
- Hidróxido de potássio (MerckBiosciences, Alemanha)

4.4.3 Soluções preparadas extemporaneamente

- Solução de hidróxido de potássio em água, 10N KOH
- Solução de ácido sulfúrico em água, 24N (12M) H₂SO₄
- Padrão interno - C19:0 (0,5 mg/ml em metanol)

4.4.4 Transesterificação e extracção dos ácidos gordos

A transesterificação e extracção dos ácidos gordos foi realizada de acordo com a técnica descrita por O'Fallon *et al.* (2007). Resumidamente, pesou-se 1 g de amostra fresca para tubos de vidro borosilicado, adicionou-se 0,5 ml de padrão interno, 0,7 ml de solução de hidróxido de potássio e 5,3 ml de metanol e colocaram-se os tubos de vidro borosilicado em banho-maria durante 1h 30 min a 55 °C agitando-se em vórtex (5 segundos) de 20 em 20 minutos. Findo este tempo, os tubos foram arrefecidos em água fria, adicionou-se 0,58 ml de solução de ácido sulfúrico,

agitou-se energeticamente os tubos no vórtex até ao aparecimento de precipitado e incubou-se novamente os tubos em banho-maria em condições idênticas à primeira incubação. De seguida, os tubos foram centrifugados (5 minutos a 2500 rpm), retirou-se a fase de hexano para um novo tubo, onde tinha sido previamente adicionado 0,5 g de sódio anidro, e centrifugou-se (5 minutos a 2500 rpm) novamente. O conteúdo dos tubos foi transferido para uma seringa de vidro acoplada a um filtro hidrofóbico, onde foi filtrado para viais de vidro, que foram armazenadas a -20°C até à realização da cromatografia gasosa.

4.4.5 Quantificação e identificação dos ácidos gordos

A identificação e quantificação dos ácidos gordos foi realizada com recurso a um cromatógrafo gasoso Shimadzu GC2010-plus (Shimadzu, Kyoto, Japão) com um detector de ionização por chama (GC-FID) e uma coluna capilar SP-2560 (100 m × 0.25 mm, 0.20 µm espessura; Supelco, Bellefonte, PA, EUA) e utilizando o hélio (pressão constante de 296,7 KPa) como gás de arraste. O volume de injeção foi de 1 µl, a temperatura do forno foi programada para iniciar a 50 °C, aumentou a 50 °C/min até aos 150 °C (mantida durante 20 min), aumenta 1° C/min até aos 190° C e finalmente aumentou a 2 °C/min até aos 220 °C (mantida durante 30 minutos). O injector e o detector foram mantidos a 250 °C. Utilizou-se tempos de retenção de ácidos gordos padrão (Mistura de 37 ácidos gordos; SupelcoInc., Bellefont, PA, EUA) para comparar com os tempos de retenção obtidos nas amostras e, assim, proceder à identificação dos ácidos gordos. Em caso de dúvida, recorreu-se a um detector de espectrometria de massa.

4.4.6 Cálculo dos rácios e índices de qualidade lipídica

O cálculo dos rácios (P/S, n-6/n-3 e h/H) e índices (índice de aterogenicidade, índice de trombogenicidade e índice de peroxidabilidade) de qualidade lipídica foram realizados de acordo com as seguintes equações:

- Rácio P/S: $P/S = [(18:2n-6 + 18:3 n-3)/(12:0 + 14:0 + 16:0 + 18:0)]$ (British Department of Health, 1994).
- Rácio n-6/n-3: $n-6/n-3 = [(\sum n-6)/(\sum n-3)]$ (British Department of Health, 1994).

- Rácio Hipo/hipercolesterolémico (h/H): $h/H = [(C18:1n-9 + C18:2n-6 + C18:3n-3 + C20:4n-6 + C20:5n-3 + C22:5n-3 + C22:6n-3)/(C14:0 + C16:0)]$ (Santos-Silva, Bessa, & Santos-Silva, 2002).
- Índice de Aterogenicidade (IA): $IA = (C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0)/[(\sum MUFA + \sum(n-6) + \sum(n-3))]$ (Ulbricht & Southgate, 1991).
- Índice de Trombogenicidade (IT): $IT = (C14:0 + C16:0 + C18:0)/[(0.5 \times \sum MUFA + 0.5 \times (n-6) + 3 \times (n-3) + (n-3)/(n-6)]$ (Ulbricht & Southgate, 1991).
- Índice de Peroxibilidade (IP): $IP = (\% \text{ monoenóico} \times 0.025) + (\% \text{ dienóico} \times 1) + (\% \text{ trienóico} \times 2) + (\% \text{ tetraenóico} \times 4) + (\% \text{ pentaenóico} \times 6) + (\% \text{ hexaenóico} \times 8)$ (Arakawa & Sagai, 1986).

4.5 Análise dos dados e análise estatística

A análise estatística foi realizada recorrendo a uma análise da variância (ANOVA), considerando a origem da picanha como único efeito, e usando o procedimento GLM do SAS (SAS Institute Inc., 2013). As tabelas e as representações gráficas (caixa de bigodes) apresentam as médias, obtidas pela média dos mínimos quadrados e o erro padrão da média (EPM), e a significância estatística das diferenças foi avaliado com o teste de Tukey.

Considerando que a utilização de diferentes rácios e índices de qualidade lipídica atribuída à mesma origem a melhor e a pior classificação, foi realizada a hierarquização das diferentes origens tendo em consideração mais um rácio ou índice. A hierarquização das diferentes origens foi realizada da seguinte forma:

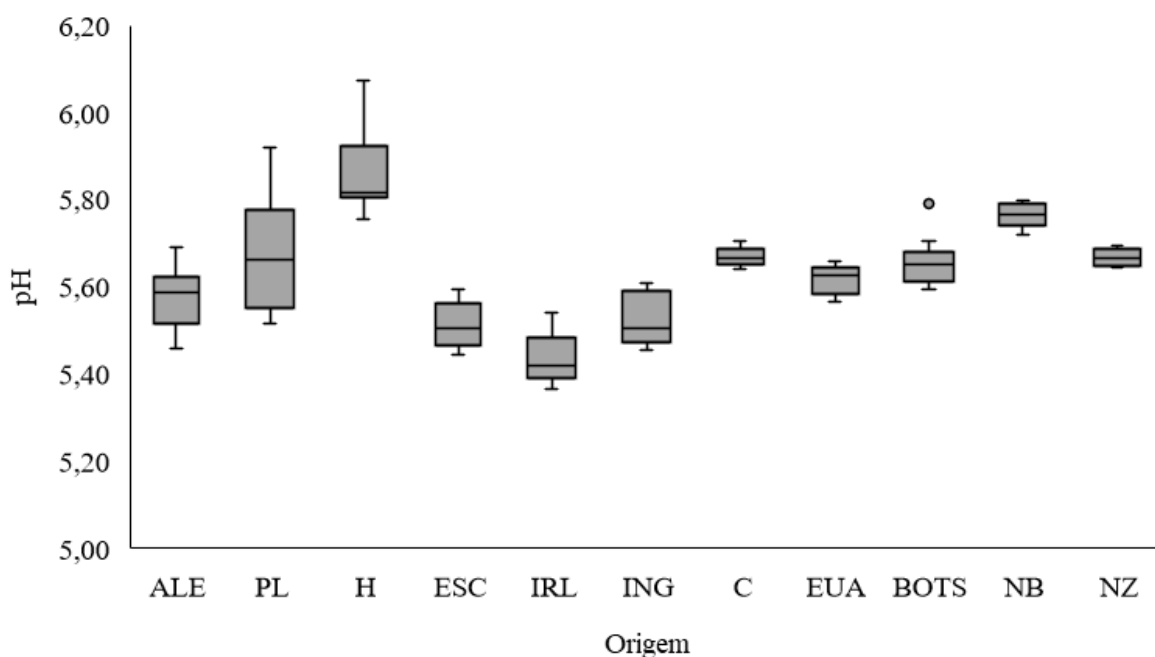
- 1) Realizou-se a hierarquização individual de cada um dos rácios (P/S, n-6/n-3 e h/H) e índices (IA, IT e IP) analisados, de acordo com a origem;
- 2) Foi assim atribuída a cada origem, uma classificação da melhor (1) para a pior (11) qualidade nutricional em cada um dos rácios e índices analisados;
- 3) Posteriormente realizaram-se 3 avaliações: 1) considerando todos os rácios e índices; 2) considerando todos os rácios e 3) considerando todos os índices. Para cada origem realizou-se o somatório das classificações individualmente atribuídas aos rácios e índices individuais;
- 4) A hierarquização final das origens seguiu a mesma lógica, a melhor qualidade nutricional residia no somatório com o valor mais baixo.

5 RESULTADOS

5.1 pH

Na Figura 11 encontram-se representados os resultados de pH das amostras de picanha (músculo *gluteus biceps*) de diferentes origens. A picanha proveniente da Holanda é aquela que, em termos médios, apresentou o valor médio de pH mais elevado (5,86), seguido pela picanha proveniente da Namíbia (5,77). As picanhas provenientes da Polónia, Canadá, Botswana, Nova Zelândia e Estados Unidos da América apresentaram valores médios de pH muito semelhantes entre si, que variaram entre 5,62 e 5,67. Por outro lado, as picanhas provenientes da Alemanha, Irlanda, Escócia e Inglaterra apresentaram valores médios de pH semelhantes, no entanto, um pouco inferiores ao grupo anterior (5,43-5,58), tendo a picanha proveniente da Irlanda apresentado o menor valor médio de pH (5,43).

Figura 11 - pH das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem.



*As siglas representadas na Figura 11 significam: ALE – Alemanha; PL – Polónia; H – Holanda; ESC – Escócia; IRL – Irlanda; ING – Inglaterra; C – Canadá; EUA – Estados Unidos da América; BOTS – Botswana; NB – Namíbia; NZ – Nova Zelândia.

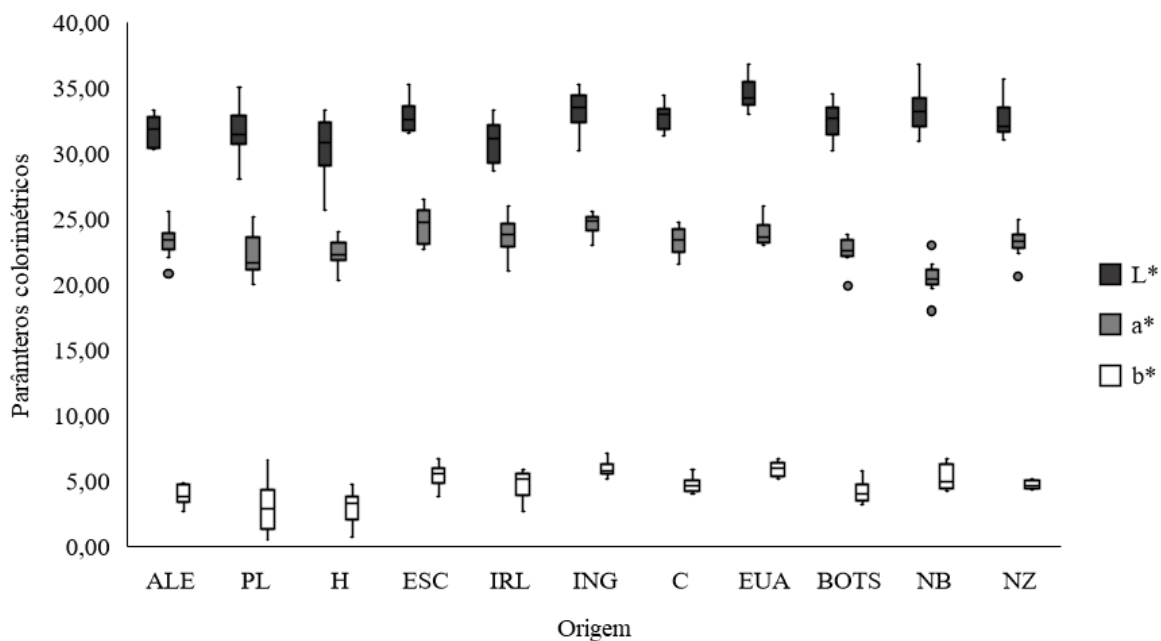
Pela análise da figura é possível verificar que a maior variabilidade (desvio-padrão) entre amostras da mesma origem ocorre na Polónia (0,13), seguida da Holanda (0,10). As picanhas provenientes do Alemanha (0,07), Botswana (0,06), Irlanda (0,06), Inglaterra (0,06) e Escócia

(0,05) apresentam uma variabilidade entre amostras intermédia, ao passo que os Estados Unidos da América (0,03), Namíbia (0,03), Canadá (0,02) e Nova Zelândia (0,02) apresentam o menor desvio padrão entre amostras.

5.2 Cor

Na Figura 12 encontram-se representados os resultados dos parâmetros colorimétricos (L^* , a^* e b^*) avaliados nas picanhas (músculo *gluteus biceps*) de diferentes origens. A picanha proveniente dos Estados Unidos da América foi aquela que apresentou o valor médio de luminosidade (L^*) mais elevado (34,55), seguido pela picanha proveniente do Inglaterra (33,39) e Namíbia (33,31). As picanhas provenientes das restantes origens apresentaram valores médios de L^* semelhantes, no entanto, inferiores aos anteriormente apresentados (30,53-32,81). A picanha proveniente da Holanda foi a que apresentou a maior variabilidade entre amostras (2,35), tendo as restantes origens apresentado valores inferiores, mas semelhantes entre eles (1,00-1,92).

Figura 12 - Parâmetros colorimétricos (luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*)) avaliados nas picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem.



* As siglas representadas na Figura 12 significam: ALE – Alemanha; PL – Polónia; H – Holanda; ESC – Escócia; IRL – Irlanda; ING – Inglaterra; C – Canadá; EUA – Estados Unidos da América; BOTS – Botswana; NB – Namíbia; NZ – Nova Zelândia.

Relativamente à intensidade do vermelho (a^*), a picanha proveniente de Inglaterra foi aquela que apresentou o valor médio de a^* (24,61) mais elevado, seguida pela picanha da Escócia (24,51). Por outro lado, a picanha da Namíbia foi aquela que apresentou o valor médio de a^* (20,50) mais baixo. Em termos de variabilidade entre amostras da mesma origem, a picanha proveniente da Polónia apresentou a maior variabilidade (1,62), ao contrário da picanha da Inglaterra que apresentou a menor variabilidade (0,76).

Por último e à semelhança do que acontece no parâmetro a^* , a picanha proveniente de Inglaterra (5,96) foi aquela que apresentou, em termos médios, a maior intensidade de amarelo (b^*), seguido pela picanha dos Estados Unidos da América (5,95), Escócia (5,40) e Namíbia (5,23). As picanhas provenientes das restantes origens apresentaram valores médios que variaram entre 3,01 e 4,75. As picanhas provenientes da Polónia foram aquelas que apresentaram a maior variabilidade (1,95), seguidas pelas picanhas da Holanda (1,22) e Irlanda (1,09). As picanhas das restantes origens apresentaram valores de variabilidade inferiores (0,54-0,92).

5.3 Colesterol

Os teores de colesterol das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de diferentes origens encontram-se expressos na Tabela 5. A picanha proveniente do Botswana apresentou o teor de colesterol (102,5 mg/100 g de carne fresca) mais elevado ($P < 0.0001$), seguido da picanha dos Estados Unidos da América (85,14 mg/100 g de carne fresca). As picanhas provenientes de Inglaterra (82,43 mg/100 g de carne fresca), Polónia (79,54 mg/100 g de carne fresca), Nova Zelândia (76,04 mg/100 g de carne fresca) e Alemanha (72,65 mg/100 g de carne fresca) apresentaram teores de colesterol intermédios, ao passo que as picanhas provenientes da Irlanda (68,65 mg/100 g de carne fresca), Canadá (68,57 mg/100 g de carne fresca), Escócia (65,13 mg/100 g de carne fresca) e Namíbia (64,90 mg/100 g de carne fresca) apresentaram os teores mais baixos de colesterol.

A distribuição dos teores de colesterol das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de diferentes origens encontram-se representados na Figura 13. Nas amostras da mesma origem, a picanha dos Estados Unidos da América foi a que apresentou uma maior variabilidade (16,26 mg/100 g de carne fresca), seguido da picanha da Irlanda (15,26 mg/100 g de carne fresca) e Polónia

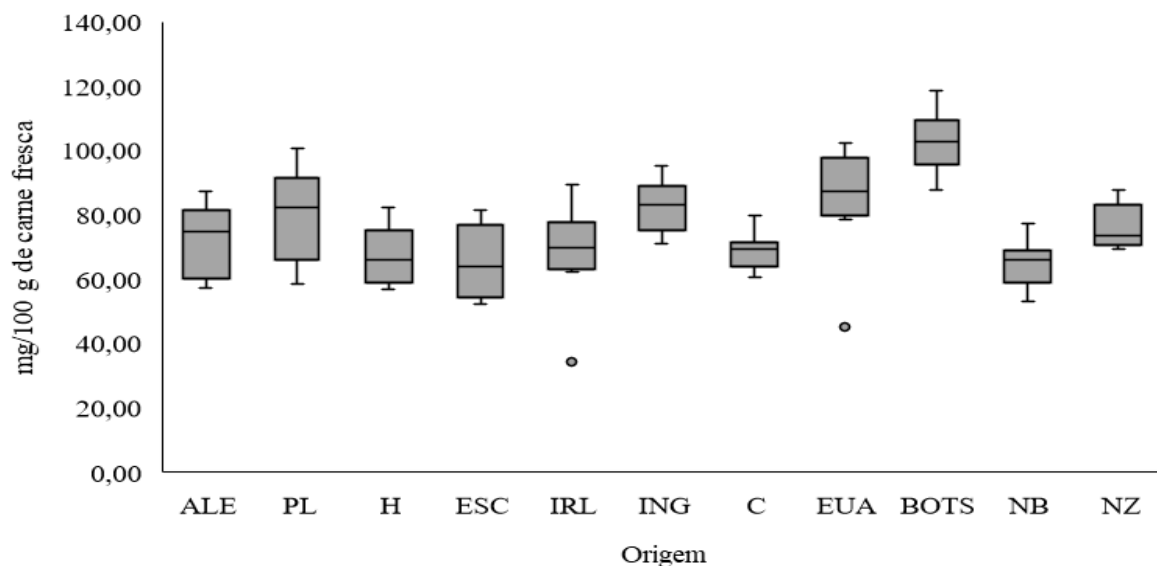
(14,98 mg/100 g de carne fresca). As restantes origens apresentaram uma variabilidade inferior (5,34-11,16 mg/100 g de carne fresca).

Tabela 5 - Teores de colesterol (expresso em mg/100 g de carne fresca), vitamina E (expresso em µg/g de carne fresca) e β-caroteno (expresso em µg/g de carne fresca) das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem.

	Colesterol	Vitamina E		β-caroteno
		α-tocoferol	γ-tocoferol	
Europa				
Alemanha	72,65 ^{b,c}	4,64 ^b	0,55 ^c	0,18 ^c
Polónia	79,54 ^{b,c}	5,69 ^b	0,54 ^c	0,31 ^{b,c}
Holanda	77,25 ^c	3,84 ^b	0,54 ^c	0,17 ^c
Escócia	65,13 ^c	5,53 ^b	0,55 ^c	0,21 ^c
Irlanda	68,65 ^c	8,59 ^b	0,51 ^c	0,47 ^b
Inglaterra	82,43 ^{b,c}	6,67 ^b	0,53 ^c	0,35 ^{b,c}
América do Norte				
Canadá	68,57 ^c	6,41 ^b	0,51 ^c	0,30 ^{b,c}
EUA	85,14 ^b	8,19 ^b	1,09 ^b	0,17 ^c
África				
Botswana	102,5 ^a	6,07 ^b	1,25 ^a	0,12 ^c
Namíbia	64,90 ^c	16,1 ^a	0,54 ^c	0,80 ^a
Oceânia				
Nova Zelândia	76,04 ^{b,c}	13,1 ^{a,b}	0,50 ^c	0,45 ^b
Estatística				
EPM	10,9	3,98	0,09	0,12
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

A diferentes supraescritos na mesma coluna correspondem a diferenças estatisticamente significativas (P<0,05)

Figura 13 – Distribuição dos teores de colesterol (mg/100 g de carne fresca) das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem.



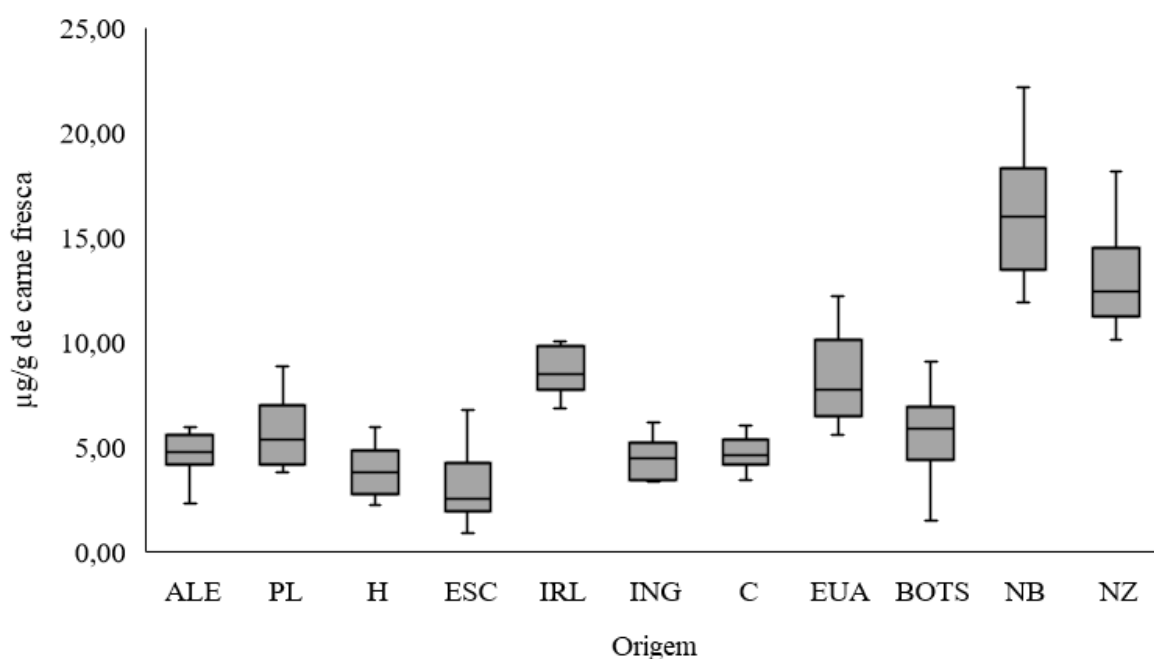
*As siglas representadas na Figura 13 significam: ALE – Alemanha; PL – Polónia; H – Holanda; ESC – Escócia; IRL – Irlanda; ING – Inglaterra; C – Canadá; EUA – Estados Unidos da América; BOTS – Botswana; NB – Namíbia; NZ – Nova Zelândia.

5.4 Vitamina E

A picanha proveniente da Namíbia apresentou o teor de α -tocoferol mais elevado (16,1 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca) diferindo significativamente das restantes origens à excepção da picanha da Nova Zelândia (13,1 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca) (Tabela 5). Por outro lado, a Irlanda (8,59 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), Estados Unidos da América (8,19 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), Inglaterra (6,67 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), Canadá (6,41 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), Botswana (6,07 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), Polónia (5,69 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), Escócia (5,53 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), Alemanha (4,64 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca) e Holanda (3,84 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca) apresentaram picanhas com os teores mais baixos de α -tocoferol.

Na Figura 14 encontra-se representada a distribuição dos teores de α -tocoferol das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem. As picanhas provenientes da Namíbia, Nova Zelândia, Estados Unidos da América e Botswana apresentaram valores de desvio-padrão superiores (3,34, 2,37, 2,15 e 2,08 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca, respectivamente). As restantes origens apresentaram valores de desvio-padrão inferiores (0,79-1,96 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca).

Figura 14 – Distribuição dos teores de α -tocoferol ($\mu\text{g/g}$ de carne fresca) das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem.

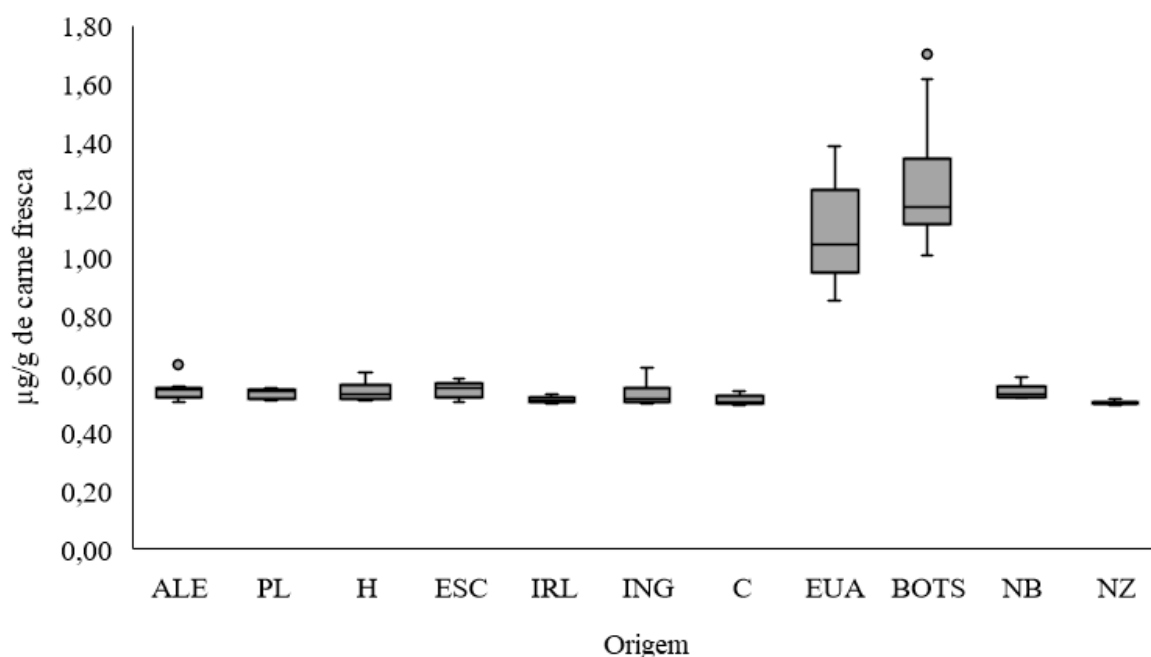


*As siglas representadas na Figura 14 significam: ALE – Alemanha; PL – Polónia; H – Holanda; ESC – Escócia; IRL – Irlanda; ING – Inglaterra; C – Canadá; EUA – Estados Unidos da América; BOTS – Botswana; NB – Namíbia; NZ – Nova Zelândia.

Relativamente aos teores de γ -tocoferol das picanhas (músculo *gluteus biceps*; Tabela 5), a picanha proveniente do Botswana apresentou um teor de γ -tocoferol (1,25 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca) significativamente superior às restantes origens em comparação ($P < 0,05$). A picanha proveniente dos Estados Unidos da América apresentou um teor de γ -tocoferol (1,09 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca) significativamente inferior ($P < 0,05$) à picanha do Botswana, mas significativamente superior ($P < 0,05$) a todas as restantes origens em comparação, cujos valores variaram entre 0,50 e 0,55 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca.

Na análise da Figura 15, onde se encontra representada a distribuição dos teores de γ -tocoferol das picanhas de acordo com a origem, é possível verificar que as picanhas provenientes do Botswana (0,23 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca) e dos Estados Unidos da América (0,19 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca) apresentaram maior variabilidade entre amostras, tendo as restantes origens apresentado variabilidades baixas entre amostras (0,01-0,04 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca).

Figura 15 – Distribuição dos teores de γ -tocoferol ($\mu\text{g/g}$ de carne fresca) das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem.



*As siglas representadas na Figura 15 significam: ALE – Alemanha; PL – Polónia; H – Holanda; ESC – Escócia; IRL – Irlanda; ING – Inglaterra; C – Canadá; EUA – Estados Unidos da América; BOTS – Botswana; NB – Namíbia; NZ – Nova Zelândia.

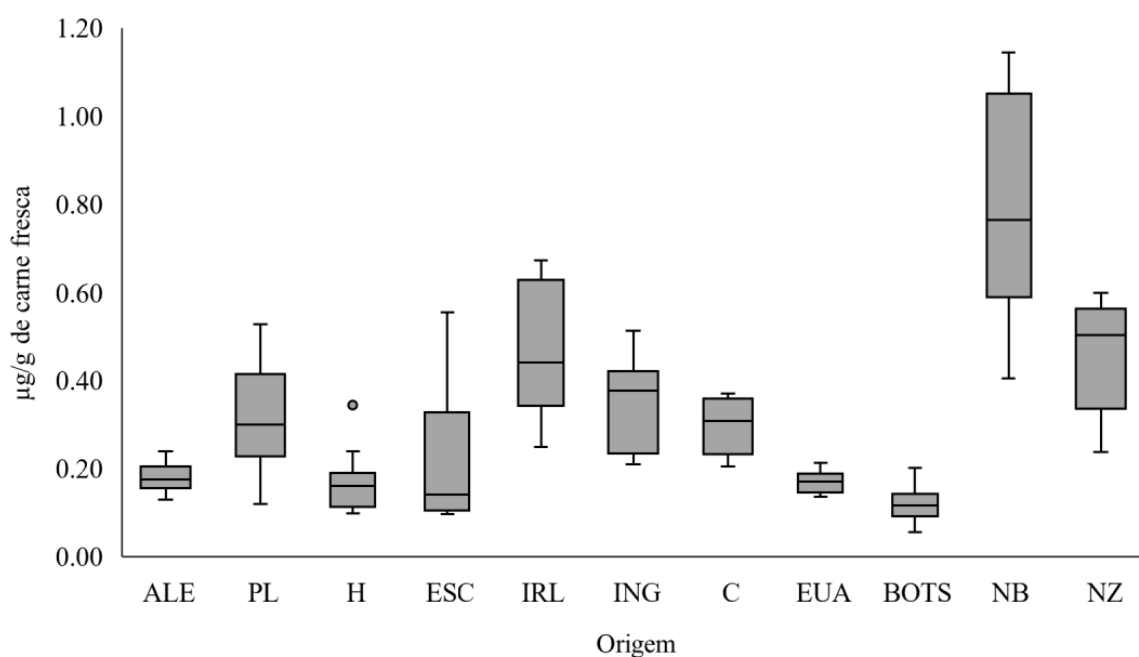
5.5 β -caroteno

Na Tabela 5 encontram-se representados os teores de β -caroteno das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de diferentes origens. A picanha proveniente da Namíbia foi aquela que apresentou um teor de β -caroteno significativamente superior ($P < 0,0001$; 0,80 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), seguido da Irlanda (0,47 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca) e Nova Zelândia (0,45 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca). As picanhas provenientes da Inglaterra (0,35 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), Polónia (0,31 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca) e Canadá (0,30 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca) apresentaram teores de β -caroteno intermédios, ao passo que as picanhas provenientes da Escócia (0,21 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), Alemanha (0,18 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), Holanda (0,17 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), Estados Unidos da América (0,17 $\mu\text{g/g}$ de

carne fresca) e Botswana (0,12 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca) apresentaram os teores de β -caroteno mais baixos.

Em termos de variabilidade entre picanhas da mesma origem (Figura 16), a Namíbia foi a origem que apresentou maior variabilidade (0,25 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), seguido da Escócia (0,16 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), Irlanda (0,15 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), Nova Zelândia (0,14 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), Polónia (0,13 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca) e Inglaterra (0,10 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca). A Holanda (0,07 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), Canadá (0,06 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), Botswana (0,04 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca), Alemanha (0,03 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca) e Estados Unidos da América (0,03 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca) foram as origens que apresentaram menor variabilidade entre amostras.

Figura 16 – Distribuição dos teores de β -caroteno ($\mu\text{g/g}$ de carne fresca) das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem.



*As siglas representadas na Figura 16 significam: ALE – Alemanha; PL – Polónia; H – Holanda; ESC – Escócia; IRL – Irlanda; ING – Inglaterra; C – Canadá; EUA – Estados Unidos da América; BOTS – Botswana; NB – Namíbia; NZ – Nova Zelândia.

5.6 Ácidos gordos, rácios e índices de qualidade lipídica

A Tabela 6 apresenta os somatórios parciais dos principais grupos, subgrupos e famílias de ácidos gordos presentes nas picanhas das diferentes origens. Os ácidos gordos monoinsaturados (MUFA) foram o principal grupo de ácidos gordos na picanha proveniente da Europa, da América do Norte e da Oceânia, enquanto a picanha proveniente de África apresentou um teor de ácidos gordos saturados (SFA) mais alto que o teor de MUFA.

A picanha proveniente da América do Norte apresentou o teor de MUFA total mais alto (52,74 g/100 g de ácidos gordos totais) diferindo significativamente ($P < 0,0001$) da picanha proveniente de África (42,44 g/100 g de ácidos gordos totais). Por outro lado, a picanha proveniente da Europa (48,18 g/100 g de ácidos gordos totais) e Oceânia (47,47 g/100 g de ácidos gordos totais) apresentaram teores em MUFA total intermédios e não significativamente diferentes ($P > 0,05$) das restantes origens. Dentro dos MUFA encontramos dois tipos de configurações (*cis* e *trans*), os *cis*-MUFA são responsáveis por 93,0-98,1% do total de MUFA, ficando os *trans*-MUFA com os restantes 1,9-7,0% do total de MUFA. A picanha proveniente da Europa e América do Norte apresentou valores de *cis*-MUFA bastante constantes, não se observando diferenças significativas ($P > 0,05$) entre as diferentes origens destes dois Continentes, que no seu conjunto apresentam um valor significativamente ($P < 0,0001$) mais elevado do que o registado na picanha proveniente de África e Oceânia (47,7 *versus* 41,3g/100 g de ácidos gordos totais). De todas as origens em comparação, a picanha proveniente do Botswana apresentou os teores mais altos de *trans*-MUFA (2,95 g/100 g de ácidos gordos totais), mas não significativamente diferente ($P > 0,05$) dos teores presentes na picanha da Nova Zelândia e dos Estados Unidos da América (2,44 e 2,16 g/100 g de ácidos gordos totais, respectivamente). Por outro lado, a picanha proveniente da Europa apresentou os teores mais baixos de *trans*-MUFA (1,07 g/100 g de ácidos gordos totais), não diferindo significativamente ($P > 0,05$) dos valores observados na Namíbia e Canadá (1,42 e 1,74 g/100 g de ácidos gordos totais, respectivamente).

Tabela 6 - Somatórios parciais dos principais grupos de ácidos gordos, subgrupos e família, incluindo os dimetilacetais (DMA), expresso em g/100 g de ácidos gordos totais, das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem.

Origem	SFA total	SFA ram, ¹	SFA lin, ²	MUFA total	<i>trans</i> -MUFA	<i>cis</i> -MUFA	PUFA total	n-3PUFA	n-6PUFA	DMA
Europa										
Alemanha	42,52 ^a	1,285 ^{b,c}	41,24	46,06 ^{a,b}	1,069 ^d	46,53 ^a	6,794 ^{b,c}	1,169 ^{c,d}	5,244 ^b	2,622 ^{a,b}
Polónia	44,09 ^a	1,260 ^{b,c}	42,83	48,95 ^{a,b}	0,915 ^d	47,47 ^a	5,217 ^c	0,896 ^{c,d}	4,042 ^c	1,738 ^b
Holanda	38,87 ^b	1,100 ^{b,c,d}	37,77	49,16 ^{a,b}	1,031 ^d	47,60 ^a	8,781 ^{a,b,c}	0,976 ^{c,d}	7,570 ^{a,b}	3,184 ^{a,b}
Escócia	39,64 ^a	1,059 ^{c,d}	38,58	47,19 ^{a,b}	1,212 ^d	45,47 ^{a,b}	9,996 ^{a,b}	1,516 ^{c,d}	8,101 ^{a,b}	3,179 ^{a,b}
Irlanda	42,49 ^a	1,411 ^{a,b}	41,08	49,34 ^{a,b}	1,004 ^d	47,76 ^a	6,203 ^{b,c}	1,629 ^{b,c}	3,911 ^c	1,970 ^{a,b}
Inglaterra	40,62 ^a	0,884 ^{d,e}	39,74	48,40 ^{a,b}	1,204 ^d	46,64 ^a	7,988 ^{a,b,c}	1,346 ^{c,d}	6,20 ^b	2,992 ^{a,b}
América do Norte										
Canadá	39,56 ^a	0,866 ^{d,e}	38,69	53,50 ^a	1,736 ^{b,c,d}	50,98 ^a	5,240 ^c	1,075 ^{c,d}	3,866 ^c	1,699 ^b
EUA	40,09 ^a	0,731 ^e	39,36	51,98 ^a	2,164 ^{a,b,c}	49,11 ^a	6,547 ^{b,c}	0,559 ^d	5,498 ^b	1,383 ^b
África										
Botswana	42,75 ^a	0,775 ^{d,e}	41,97	42,60 ^b	2,954 ^a	39,15 ^b	12,27 ^a	0,626 ^d	11,32 ^a	2,379 ^{a,b}
Namíbia	44,78 ^a	1,701 ^a	43,08	42,29 ^b	1,415 ^{c,d}	40,45 ^b	9,083 ^{a,b,c}	2,437 ^b	5,928 ^b	3,844 ^a
Oceânia										
Nova Zelândia	42,87 ^a	1,725 ^a	41,14	47,47 ^{a,b}	2,440 ^{a,b}	44,35 ^b	7,504 ^{b,c}	2,580 ^a	4,259 ^{b,c}	2,158 ^{a,b}
Estatística										
SEM	3,677	0,233	3,613	4,581	0,599	4,480	3,080	0,609	2,662	1,332
P	0,003	<0,0001	0,06	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001

¹ SFA de cadeia ramificada; ² SFA de cadeia linear

A diferentes supraescritos na mesma coluna correspondem a diferenças estatisticamente significativas (P<0,05)

Relativamente aos SFA, a picanha proveniente da Holanda apresentou teores de SFA significativamente ($P=0,003$) mais baixos que a picanha das restantes origens (38,9 *versus* 41,9 g/100 g de ácidos gordos totais). De acordo com a sua estrutura química, os SFA podem ser divididos em ácidos gordos de cadeia linear e de cadeia ramificada. Nos SFA de cadeia linear não foram observadas diferenças significativas ($P=0,06$) entre as origens em comparação. Por outro lado, nos SFA ramificados, a picanha da Nova Zelândia e Namíbia apresentaram teores significativamente ($P<0,0001$) mais altos que a picanha das restantes origens (apresentando um teor médio de 1,04 g/100 g de ácidos gordos totais). A picanha proveniente dos Estados Unidos da América apresentou os teores mais baixos de todas as picanhas em comparação (0,73 g/100 g de ácidos gordos totais), mas não diferiu significativamente ($P>0,05$) dos teores encontrados na picanha do Botswana, do Canadá e de Inglaterra.

No que diz respeito aos PUFA, as picanhas do Botswana e da Escócia apresentaram os níveis mais altos de PUFA total (12,3 e 10,0 g/100 g de ácidos gordos totais, respectivamente), não diferindo significativamente entre si ($P>0,05$). As picanhas provenientes da Alemanha, Irlanda, Polónia, Estados Unidos da América, Canadá e Nova Zelândia (5,21–7,50 g/100 g de ácidos gordos totais) apresentaram os valores de PUFA total mais baixos não diferindo significativamente ($P>0,05$) entre si. Por outro lado, a picanha proveniente da Namíbia, Holanda e Inglaterra (7,98-9,08 g/100 g de ácidos gordos totais) apresentou níveis de PUFA total intermédios não diferindo significativamente ($P>0,05$) das restantes origens em comparação. Nos PUFA encontramos 2 famílias principais os n-3 PUFA e os n-6 PUFA (também conhecidos por ómega 3 e ómega 6, respectivamente). Independentemente da origem os n-6 PUFA foram a família dominante (62,3-94,8% do total de PUFA), enquanto os n-3PUFA foram responsáveis por 5,2-37,7% do total de PUFA. De entre as picanhas em comparação, a picanha da Nova Zelândia apresentou teores significativamente ($P<0,0001$) mais elevados de n-3 PUFA (2,58 g/100 g de ácidos gordos totais, representando 37,7% do total de PUFA) que a picanha das outras origens. A picanha da Namíbia e a Irlanda apresentaram, respectivamente, o segundo e terceiro maior teor de n-3 PUFA (2,44 g/100 g de ácidos gordos totais, representando 29,1% do total de PUFA para a Namíbia; 1,63 g/100 g de ácidos gordos totais, representando 29,4% do total de PUFA para a Irlanda) não diferindo significativamente ($P>0,05$) entre si. A picanha proveniente dos Estados Unidos da América e do Botswana apresentaram os teores de n-3 PUFA mais baixos de todas as picanhas em comparação (0,56 e 0,63 g/100 g de ácidos gordos totais, representando 9,2% e 5,2% do total de PUFA,

respectivamente), não diferindo significativamente ($P>0,05$) dos valores encontrados na picanha proveniente da Alemanha, Polónia, Holanda, Escócia, Inglaterra e Canadá. Relativamente aos n-6 PUFA, é possível encontrar 3 níveis que diferem significativamente ($P<0,05$) entre si, os teores mais altos foram encontrados na picanha do Botswana (11,3 g/100 g de ácidos gordos totais), os valores médios foram encontrados na picanha proveniente Inglaterra, Namíbia, Estados Unidos da América e Alemanha (5,2-6,2 g/100 g de ácidos gordos totais) e os valores baixos foram encontrados na picanha do Canadá, Irlanda e Polónia (3,9-4,0 g/100 g de ácidos gordos totais). Verificou-se ainda que a picanha da Escócia e Holanda apresentaram teores de n-6 PUFA intermédios entre os valores mais altos e médios, não diferindo significativamente ($P>0,05$) destes dois grupos. Por outro lado, a picanha da Nova Zelândia apresentou um teor de n-6 PUFA intermédio entre os valores mais baixos e os valores médios não diferindo significativamente ($P>0,05$) destes dois grupos.

Por fim, e não menos importante, encontramos o total de dimetilacetais (DMA), o teor mais elevado de DMA (3,84 g/100 g de ácidos gordos totais) foi observado na picanha da Namíbia, enquanto o teor mais baixo de DMA foi encontrado na picanha do Canadá e dos Estados Unidos da América (1,70 e 1,38 g/100 g de ácidos gordos totais, respectivamente).

A análise dos ácidos gordos individuais permitiu verificar que independentemente da origem, a picanha apresenta na sua composição os mesmos ácidos gordos, nomeadamente: 13 SFA, 7 dos quais com cadeia linear e os restantes 6 de cadeia ramificada; 19 MUFA, 10 dos quais com configuração *cis* e 9 com configuração *trans*; 12 PUFA, 5 pertencentes à família n-6, 4 da família n-3 e 1 da família n-9; 2 ácidos gordos resultantes do processo de biohidrogenação ruminal; e ainda 3 DMA. A picanha das 11 origens em comparação revelou diferenças significativas na grande maioria dos ácidos gordos presentes ao nível intramuscular, exceção feita aos ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0), *iso*-esteárico (*iso*-C18:0) e docosahexaenóico (C22:6n-3), que não revelaram diferenças significativas ($P>0,05$) entre as diferentes origens

As Tabelas 7 e 8 apresentam os ácidos gordos saturados de cadeia linear e de cadeia ramificada, respectivamente. Os ácidos gordos palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0) foram os principais SFA, independentemente da origem da picanha. O teor de ácido palmítico oscilou entre 22,8-26,9 g/100 g de ácidos gordos totais, enquanto o ácido esteárico oscilou entre 10,2-15,3 g/100 g de ácidos gordos totais. Em conjunto, estes dois ácidos gordos, são responsáveis por 34,2-39,0 g/100 g de ácidos gordos totais. Nos ácidos gordos de cadeia ramificada, o ácido *iso*-heptadecanóico (*iso*-C17:0) e o *anteiso*-heptadecanóico (*anteiso*-C17:0) são os principais ácidos gordos saturados de cadeia ramificada, sendo responsáveis por 0,15-0,57 e 0,20-0,24 g/100 g de ácidos gordos totais, respectivamente.

Tabela 7 - Teor de ácidos gordos saturados (SFA) de cadeia linear (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem.

Origem	C12:0	C14:0	C15:0	C16:0	C17:0	C18:0	C20:0
Europa							
Alemanha	0,051	2,566	0,435 ^{b,c}	25,51 ^{a,b}	0,783 ^b	11,83 ^{a,b,c}	0,063 ^{a,b}
Polónia	0,050	2,624	0,355 ^{b,c}	26,93 ^a	0,787 ^b	12,02 ^{a,b,c}	0,062 ^{a,b}
Holanda	0,080	2,398	0,310 ^c	24,04 ^{a,b}	0,676 ^{b,c}	10,18 ^c	0,092 ^{a,b}
Escócia	0,077	2,609	0,396 ^{b,c}	23,07 ^b	0,874 ^b	11,51 ^{b,c}	0,045 ^{a,b}
Irlanda	0,065	2,589	0,464 ^{a,b}	24,32 ^{a,b}	0,974 ^{a,b}	12,62 ^{a,b,c}	0,039 ^b
Inglaterra	0,049	2,534	0,339 ^{b,c}	24,54 ^{a,b}	0,429 ^c	11,77 ^{a,b,c}	0,069 ^{a,b}
América do Norte							
Canadá	0,034	2,240	0,445 ^{a,b,c}	23,22 ^b	1,261 ^a	11,45 ^{b,c}	0,045 ^{a,b}
EUA	0,051	2,596	0,330 ^{b,c}	23,83 ^{a,b}	0,885 ^b	11,61 ^{a,b,c}	0,051 ^{a,b}
África							
Botswana	0,107	2,598	0,311 ^c	23,27 ^b	0,821 ^b	14,75 ^{a,b}	0,114 ^a
Namíbia	0,047	2,635	0,422 ^{b,c}	23,61 ^b	0,979 ^{a,b}	15,27 ^a	0,156 ^a
Oceânia							
Nova Zelândia	0,043	2,806	0,582 ^a	22,82 ^b	0,855 ^b	13,95 ^{a,b}	0,087 ^{a,b}
Estatística							
RSD	0,055	0,760	0,095	2,175	0,236	2,551	0,050
P	0,161	0,963	<0,0001	0,0017	<0,0001	0,0003	0,002

A diferentes supraescritos na mesma coluna correspondem a diferenças estatisticamente significativas (P<0,05)

Tabela 8 - Teor de ácidos gordos saturados (SFA) de cadeia ramificada (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem.

Origem	<i>iso</i> -C15:0	<i>anteiso</i> -C15:0	<i>iso</i> -C16:0	<i>iso</i> -C17:0	<i>anteiso</i> -C17:0	<i>iso</i> -C18:0
Europa						
Alemanha	0,137 ^{b,c,d}	0,148 ^c	0,206 ^{a,b}	0,391 ^{c,d}	0,261 ^{a,b}	0,141
Polónia	0,131 ^{b,c,d}	0,129 ^c	0,161 ^{b,c,d,e}	0,385 ^{c,d}	0,321 ^a	0,134
Holanda	0,118 ^{b,c,d}	0,123 ^c	0,186 ^{a,b,c}	0,328 ^{d,e}	0,207 ^{a,b}	0,138
Escócia	0,099 ^{c,d}	0,131 ^c	0,172 ^{a,b,c,d}	0,349 ^{d,e}	0,207 ^{a,b}	0,099
Irlanda	0,196 ^{b,c}	0,196 ^{b,c}	0,173 ^{a,b,c,d}	0,460 ^{b,c}	0,255 ^{a,b}	0,130
Inglaterra	0,130 ^{b,c,d}	0,119 ^c	0,156 ^{b,c,d,e}	0,155 ^f	0,208 ^{a,b}	0,115
América do Norte						
Canadá	0,067 ^d	0,125 ^c	0,125 ^{c,d,e}	0,249 ^{e,f}	0,187 ^b	0,113
EUA	0,065 ^d	0,089 ^c	0,094 ^e	0,213 ^f	0,194 ^b	0,076
África						
Botswana	0,076 ^d	0,114 ^c	0,116 ^{d,e}	0,223 ^f	0,160 ^b	0,087
Namíbia	0,226 ^{a,b}	0,292 ^{a,b}	0,234 ^a	0,573 ^a	0,235 ^{a,b}	0,141
Oceânia						
Nova Zelândia	0,311 ^a	0,323 ^a	0,215 ^{a,b}	0,546 ^{a,b}	0,203 ^{a,b}	0,127
Estatística						
RSD	0,075	0,085	0,047	0,075	0,081	0,062
<i>P</i>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,003	0,216

A diferentes supraescritos na mesma coluna correspondem a diferenças estatisticamente significativas (P<0,05)

No grupo dos MUFA, foram identificados 9 ácidos gordos com configuração *cis* (Tabela 9), tendo sido observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre origens no teor de todos os MUFA. Dentro deste grupo destacam-se o ácido oleico (C18:1*cis*-9) e palmitoleico (C16:1*cis*-9), responsáveis por 78,6-83,7% e 6,8-11,1% do total de MUFA *cis*. A picanha proveniente do Botswana e Namíbia apresentou os teores mais baixos de ácido oleico, enquanto a picanha proveniente do Canadá, Estados Unidos da América, Irlanda e Polónia apresentou os teores mais altos de ácido oleico (32,79 g/100 g de ácidos gordos totais *versus* 39,82 g/100 g de ácidos gordos totais, respectivamente).

Foram ainda identificados 9 *trans*-MUFA ou *trans*-octadecanóicos, alguns dos quais co-eluídos entre si ou com MUFA com geometria *cis* (Tabela 10). O *trans*-12-octadecenóico (C18:1 *trans*-12) foi o principal *trans*-octadecanóico na picanha proveniente da Nova Zelândia, a picanha do Canadá apresentou o teor mais alto para o conjunto *trans*-16- octadecenóico (C18:1 *trans*-16) e *cis*-14-octadecenóide (C18:1 *trans*-14), enquanto a picanha do Botswana apresentou o teor total mais alto para os restantes *trans*- octadecanóicos.

Tabela 9 - Teor de ácidos gordos monoinsaturados (MUFA) com configuração *cis* (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem.

Origem	C14:1 <i>cis</i> -9	C16:1 <i>cis</i> -7	C16:1 <i>cis</i> -9	C17:1 <i>cis</i> -9	C18:1 <i>cis</i> -9	C18:1 <i>cis</i> -11	C18:1 <i>cis</i> -12	C18:1 <i>cis</i> -15	C20:1 <i>cis</i> -9
Europa									
Alemanha	0,765 ^{a,b}	0,242 ^{a,b,c}	5,186 ^a	0,844 ^{b,c}	37,09 ^{a,b}	1,813 ^{b,c,d}	0,292 ^{a,b}	0,166 ^{a,b}	0,133 ^a
Polónia	0,870 ^{a,b}	0,201 ^{b,c,d}	4,833 ^{a,b}	0,793 ^c	38,41 ^a	1,819 ^{b,c,d}	0,269 ^b	0,142 ^{a,b}	0,128 ^a
Holanda	0,998 ^a	0,223 ^{a,b,c,d}	5,196 ^a	0,874 ^{b,c}	37,39 ^{a,b}	2,355 ^{a,b}	0,300 ^{a,b}	0,151 ^{a,b}	0,080 ^b
Escócia	0,792 ^{a,b}	0,204 ^{b,c,d}	4,558 ^{a,b}	0,995 ^{b,c}	36,14 ^{a,b}	2,254 ^{a,b,c}	0,227 ^{b,c}	0,176 ^{a,b}	0,155 ^a
Irlanda	0,752 ^{a,b}	0,222 ^{a,b,c,d}	4,450 ^{a,b}	0,927 ^{b,c}	38,98 ^a	1,943 ^{b,c,d}	0,175 ^{b,c}	0,197 ^{a,b}	0,120 ^a
Inglaterra	0,624 ^{a,b}	0,163 ^{c,d}	4,444 ^{a,b}	0,825 ^{b,c}	37,76 ^{a,b}	2,149 ^{a,b,c}	0,342 ^{a,b}	0,223 ^{a,b}	0,114 ^{a,b}
América do Norte									
Canadá	0,651 ^{a,b}	0,168 ^{c,d}	4,234 ^{a,b}	1,334 ^a	41,35 ^a	2,618 ^a	0,301 ^{a,b}	0,176 ^{a,b}	0,144 ^a
EUA	0,766 ^{a,b}	0,151 ^{c,d}	3,981 ^{a,b}	0,827 ^{b,c}	40,54 ^a	2,179 ^{a,b,c}	0,361 ^{a,b}	0,122 ^b	0,180 ^a
África									
Botswana	0,451 ^b	0,138 ^d	2,662 ^b	0,706 ^c	32,77 ^b	1,616 ^{c,d}	0,479 ^a	0,153 ^{a,b}	0,171 ^a
Namíbia	0,521 ^b	0,306 ^a	3,999 ^{a,b}	1,139 ^{a,b}	32,81 ^b	1,421 ^d	0,029 ^c	0,100 ^b	0,116 ^a
Oceânia									
Nova Zelândia	0,839 ^{a,b}	0,273 ^{a,b}	3,728 ^b	0,921 ^{b,c}	36,23 ^{a,b}	1,742 ^{b,c,d}	0,245 ^b	0,273 ^a	0,093 ^b
Estatística									
RSD	0,314	0,066	0,916	0,229	3,754	0,442	0,142	0,098	0,056
<i>P</i>	0,010	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,016	0,003

A diferentes supraescritos na mesma coluna correspondem a diferenças estatisticamente significativas (P<0,05)

Tabela 10 - Teor de ácidos gordos monoinsaturados (MUFA) com configuração *trans* (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem.

Origem	C18:1 <i>trans</i> -6*	C18:1 <i>trans</i> -9	C18:1 <i>trans</i> -10**	C18:1 <i>trans</i> -12	C18:1 <i>trans</i> -15	C18:1 <i>trans</i> -16***
Europa						
Alemanha	0,094 ^c	0,256 ^{b,c}	0,130 ^d	0,150 ^c	0,439 ^{a,b}	0,396 ^{a,b,c}
Polónia	0,101 ^c	0,225 ^{b,c}	0,199 ^d	0,219 ^{b,c}	0,169 ^b	0,453 ^{a,b}
Holanda	0,124 ^{b,c}	0,264 ^b	0,293 ^{c,d}	0,164 ^c	0,186 ^b	0,473 ^{a,b}
Escócia	0,080 ^c	0,215 ^{b,c}	0,181 ^d	0,600 ^{b,c}	0,136 ^b	0,402 ^{a,b,c}
Irlanda	0,101 ^c	0,226 ^{b,c}	0,336 ^{c,d}	0,156 ^c	0,186 ^b	0,354 ^{b,c}
Inglaterra	0,068 ^c	0,181 ^c	0,283 ^{c,d}	0,430 ^{b,c}	0,242 ^b	0,496 ^{a,b}
América do Norte						
Canadá	0,110 ^{b,c}	0,240 ^{b,c}	0,685 ^{b,c}	0,553 ^{b,c}	0,147 ^b	0,657 ^a
EUA	0,184 ^b	0,270 ^b	0,882 ^{a,b}	0,690 ^b	0,139 ^b	0,651 ^{a,b}
África						
Botswana	0,313 ^a	0,357 ^a	1,180 ^a	0,290 ^{b,c}	0,815 ^a	0,397 ^{a,b,c}
Namíbia	0,094 ^c	0,262 ^{b,c}	0,335 ^{c,d}	0,559 ^{b,c}	0,166 ^b	0,152 ^c
Oceânia						
Nova Zelândia	0,118 ^{b,c}	0,233 ^{b,c}	0,128 ^d	1,761 ^a	0,200 ^b	0,398 ^{a,b,c}
Estatística						
RSD	0,053	0,053	0,335	0,328	0,383	0,177
<i>P</i>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,004	<0,0001

*Co-eluição C18:1*trans*-6+ C18:1*trans*-7+ C18:1*trans*-8; **Co-eluição dos C18:1*trans*-10+ C18:1*trans*-11; ***Co-eluição do C18:1*trans*-16 + C18:1*cis*-14

A diferentes supraescritos na mesma coluna correspondem a diferenças estatisticamente significativas (P<0,05)

Os ácidos gordos poliinsaturados distribuem-se predominantemente pelas famílias n-6 e n-3 (Tabela 11 e 12). A picanha apresenta 5 ácidos gordos da família n-6, destes o ácido linoleico (C18:2n-6) e araquidónico (C20:4n-6) foram os principais ácidos gordos desta família, tendo sido responsáveis por 56,5-99,9 e 0,01-43,5% do total n-6, respectivamente. O ácido linoleico apresentou sempre teores superiores ao ácido araquidónico, no entanto essa superioridade foi bastante variável, de 1,3 vezes na picanha da Namíbia a 7,58 vezes nos EUA. Na família n-3 foram identificados 4 ácidos gordos, o ácido α -linolénico (C18:3n-3), o ácido eicosapentaenóico (C20:5n-3; EPA), o ácido docosapentaenóico (C22:5n-3; DPA) e o ácido docosahexaenóico (C22:6n-3; DHA). O ácido α -linolénico foi o principal ácido gordo da família n-3 nas picanhas provenientes da Alemanha, Polónia, Holanda, Irlanda, Namíbia, Nova Zelândia, enquanto o DPA foi o principal ácido gordo da família n-3 nas picanhas provenientes de Escócia, Inglaterra, Canadá, Estados Unidos da América e Botswana. Por outro lado, o EPA e o DHA, ácidos gordos com reconhecidos efeitos benéficos para a saúde humana, foram no seu conjunto responsáveis 0,12-0,41% g/100 g de ácidos gordos totais e 5,1-29,7% do total de n-3 PUFA, respectivamente.

Tabela 11 - Teor de ácidos gordos poliinsaturados (PUFA) da família n-6 (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem.

Origem	C18:2n-6	C20:2n-6	C20:3n-6	C20:4n-6	C22:4n-6
Europa					
Alemanha	3,287 ^b	0,012 ^b	0,457 ^{a,b}	1,348 ^{a,b,c,d}	0,139 ^{a,b,c}
Polónia	2,691 ^c	0,021 ^b	0,286 ^b	0,965 ^{c,d}	0,078 ^{b,c}
Holanda	5,228 ^b	0,025 ^b	0,354 ^{a,b}	1,754 ^{a,b,c}	0,207 ^{a,b,c}
Escócia	5,515 ^b	0,055 ^{a,b}	0,479 ^{a,b}	1,808 ^{a,b,c}	0,243 ^{a,b}
Irlanda	2,706 ^c	0,040 ^{a,b}	0,266 ^b	0,866 ^{c,d}	0,033 ^{a,b,c}
Inglaterra	3,863 ^b	0,033 ^b	0,434 ^{a,b}	1,718 ^{a,b,c}	0,153 ^{a,b,c}
América do Norte					
Canadá	2,378 ^c	0,007 ^b	0,291 ^b	1,060 ^{b,c,d}	0,135 ^{a,b,c}
EUA	4,203 ^b	0,037 ^{a,b}	0,590 ^a	0,554 ^d	0,113 ^{b,c}
África					
Botswana	8,261 ^a	0,093 ^a	0,523 ^{a,b}	2,147 ^{a,b}	0,293 ^a
Namíbia	2,972 ^b	0,005 ^b	0,486 ^{a,b}	2,291 ^a	0,172 ^{a,b,c}
Oceânia					
Nova Zelândia	2,924 ^{b,c}	0,041 ^{a,b}	0,283 ^b	0,988 ^{b,c,d}	0,024 ^c
Estatística					
RSD	1,863	0,039	0,191	0,788	0,112
P	<0,0001	<0,0001	0,0005	<0,0001	<0,0001

A diferentes supraescritos na mesma coluna correspondem a diferenças estatisticamente significativas (P<0,05)

Tabela 12 - Teor de ácidos gordos poliinsaturados (PUFA) da família n-3 (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem.

Origem	C18:3n-3	C20:5n-3	C22:5n-3	C22:6n-3
Europa				
Alemanha	0,547 ^b	0,126 ^{b,c}	0,465 ^{b,c}	0,031
Polónia	0,474 ^b	0,093 ^{b,c}	0,294 ^{b,c}	0,035
Holanda	0,459 ^{b,c}	0,128 ^{b,c}	0,373 ^{b,c}	0,015
Escócia	0,472 ^b	0,335 ^{a,b}	0,629 ^{a,b,c}	0,081
Irlanda	0,859 ^b	0,135 ^{b,c}	0,598 ^{b,c}	0,038
Inglaterra	0,354 ^c	0,268 ^b	0,593 ^{b,c}	0,132
América do Norte				
Canadá	0,385 ^c	0,206 ^{b,c}	0,464 ^{b,c}	0,019
EUA	0,201 ^c	0,096 ^{b,c}	0,212 ^c	0,050
África				
Botswana	0,145 ^c	0,122 ^{b,c}	0,341 ^{b,c}	0,018
Namíbia	1,287 ^a	0,000 ^c	1,025 ^a	0,124
Oceânia				
Nova Zelândia	1,289 ^a	0,578 ^a	0,677 ^{a,b}	0,037
Estatística				
RSD	0,271	0,167	0,287	0,096
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,066

A diferentes supraescritos na mesma coluna correspondem a diferenças estatisticamente significativas (P<0,05)

Tabela 13 - Teor de outros ácidos gordos poliinsaturados (PUFA) (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem.

Origem	C18:2 ^{trans} -11, ^{cis} -15	C18:2 ^{cis} -9, ^{trans} -11	C20:3n-9
Europa			
Alemanha	0,068 ^c	0,266 ^{b,c}	0,116 ^b
Polónia	0,119 ^b	0,235 ^c	0,044 ^b
Holanda	0,086 ^c	0,168 ^c	0,068 ^b
Escócia	0,101 ^b	0,241 ^c	0,138 ^b
Irlanda	0,214 ^{a,b}	0,560 ^a	0,102 ^b
Inglaterra	0,056 ^c	0,349 ^b	0,091 ^b
América do Norte			
Canadá	0,139 ^b	0,246 ^c	0,051 ^b
EUA	0,052 ^c	0,350 ^b	0,139 ^b
África			
Botswana	0,101 ^{b,c}	0,226 ^c	0,102 ^b
Namíbia	0,277 ^a	0,446 ^{a,b}	0,273 ^a
Oceânia			
Nova Zelândia	0,284 ^a	0,562 ^a	0,104 ^b
Estatística			
RSD	0,080	0,133	0,077
P	<0,0001	<0,0001	<0,0001

A diferentes supraescritos na mesma coluna correspondem a diferenças estatisticamente significativas (P<0,05)

As picanhas provenientes da Nova Zelândia, Irlanda e Namíbia apresentaram o teor mais alto de C18:2 cis -9, $trans$ -11 (ácido ruménico) e de C18:2 $trans$ -11, cis -15. A picanha proveniente da Namíbia apresentou os teores mais altos de ácido de *Mead* (C20:3n-9), o único PUFA da família n-9 identificado na picanha (Tabela 13).

Para além dos ácidos gordos, foram ainda detectados 3 DMA (Tabela 14), que incorporam os ácidos palmítico (DMA-C16:0), esteárico (DMA-C18:0) e oleico (DMA-C18:1), sendo o palmítico aquele que se apresenta em maior percentagem.

Tabela 14 - Teor de dimetilacetais (DMA) (expresso em g/100 g de ácidos gordos totais) das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem.

Origem	DMA-C16:0	DMA-C18:0	DMA-C18:1
Europa			
Alemanha	1,646 ^{a,b}	0,835 ^{a,b}	0,141 ^{a,b}
Polónia	1,083 ^b	0,545 ^b	0,110 ^b
Holanda	1,825 ^{a,b}	1,105 ^{a,b}	0,254 ^a
Escócia	1,880 ^{a,b}	1,102 ^{a,b}	0,197 ^{a,b}
Irlanda	1,185 ^{a,b}	0,693 ^{a,b}	0,093 ^b
Inglaterra	1,725 ^{a,b}	1,122 ^{a,b}	0,144 ^{a,b}
América do Norte			
Canadá	1,011 ^b	0,584 ^b	0,105 ^b
EUA	0,729 ^b	0,584 ^b	0,071 ^b
África			
Botswana	1,262 ^{a,b}	0,979 ^{a,b}	0,139 ^{a,b}
Namíbia	2,267 ^a	1,320 ^a	0,257 ^a
Oceânia			
Nova Zelândia	1,140 ^{a,b}	0,924 ^{a,b}	0,094 ^b
Estatística			
RSD	0,792	0,481	0,092
<i>P</i>	0,0007	0,003	<0,0001

A diferentes supraescritos na mesma coluna correspondem a diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$)

Em resumo podemos afirmar que a picanha apresenta um perfil de ácidos gordos diverso, como acontece com a carne de bovino em geral. No perfil de ácidos gordos da picanha foi possível identificar os mesmos 44 ácidos gordos, independente da origem. Foram identificadas diferenças no teor da grande maioria dos ácidos gordos. Se considerarmos os 2 ácidos gordos mais representativos de cada grupo, os ácidos palmítico, esteárico, oleico, palmitoleico,

linoleico e araquidônico, verificamos que no seu conjunto, estes 6 ácidos gordos são responsáveis por 80,6-85,8% do total dos ácidos gordos.

Para além do perfil de ácidos gordos foram ainda calculados 3 rácios (P/S, n6/n3 e h/H) e 3 índices de qualidade lipídica: o índice de aterogenicidade (IA); o índice de trombogenicidade (IT) e o índice de peroxidabilidade (IP), apresentados na Tabela 15. Relativamente aos rácios, foram observadas diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) em todos eles, enquanto nos índices foram apenas verificadas diferenças significativas no IP ($P = 0,0003$), não se tendo observado diferenças significativas no IA ($P = 0,279$) nem no IT ($P = 0,06$).

Tabela 15 - Rácios e índices de qualidade lipídica das picanhas (músculo *gluteus biceps*) de acordo com a origem.

	Rácios			Índices		
	P/S	n6/n3	h/H	IA	IT	IP
Europa						
Alemanha	0,137 ^{b,c}	4,721 ^{d,e}	1,534 ^{a,b}	0,659	1,317	16,48 ^a
Polónia	0,110 ^c	4,533 ^{d,e}	1,466 ^b	0,698	1,427	12,32 ^b
Holanda	0,227 ^{a,b,c}	7,865 ^{b,c}	1,747 ^{a,b}	0,586	1,171	19,22 ^a
Escócia	0,252 ^{a,b}	5,639 ^{c,d}	1,780 ^{a,b}	0,593	1,156	23,56 ^a
Irlanda	0,134 ^{b,c}	2,423 ^e	1,656 ^{a,b}	0,637	1,247	14,73 ^a
Inglaterra	0,160 ^{b,c}	4,553 ^{d,e}	1,658 ^{a,b}	0,621	1,231	20,57 ^a
América do Norte						
Canadá	0,108 ^c	3,927 ^{d,e}	1,811 ^a	0,552	1,151	14,12 ^{a,b}
EUA	0,166 ^{b,c}	10,08 ^b	1,742 ^{a,b}	0,592	1,250	12,32 ^b
África						
Botswana	0,332 ^a	18,22 ^a	1,764 ^{a,b}	0,665	1,516	23,64 ^a
Namíbia	0,162 ^{b,c}	2,718 ^e	1,552 ^{a,b}	0,686	1,315	25,13 ^a
Oceânia						
Nova Zelândia	0,165 ^{b,c}	1,656 ^e	1,669 ^{a,b}	0,631	1,161	19,37 ^a
Estatística						
RSD	0,093	1,605	0,225	0,127	0,262	7,596
<i>P</i>	<0,0001	<0,0001	0,011	0,279	0,06	0,0003

A diferentes supraescritos na mesma coluna correspondem a diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$)

6 DISCUSSÃO

6.1 pH

A picanha proveniente da Holanda é a única picanha que pode ser classificada como carne DFD (*Dark, Firm and Dry*), uma vez que apresenta um valor médio de $\text{pH} > 5,8$. A picanha proveniente da Namíbia, embora apresente um valor médio de pH abaixo de 5,8, está muito próximo do limite estabelecido como carne DFD. A acidificação do músculo durante o processo de conversão do músculo em carne depende da quantidade de glicogénio presente no músculo antes do abate, isto é, animais sujeitos a períodos de stress *ante mortem* esgotam as reservas de glicogénio muscular, o que impossibilita a produção de lactato e, consequente, descida do pH . Assim, valores de pH elevados podem traduzir um incorrecto maneo dos animais durante o período pré-abate.

As picanhas em análise apresentaram valores de pH médios que oscilaram entre 5,43 e 5,86, com os valores mais baixos e mais altos a serem registados na picanha proveniente da Europa, Irlanda e Holanda, respectivamente. Esses resultados são de certa forma surpreendentes, pois a Holanda é, das origens em comparação, o país com a menor área geográfica. Considerando a importância do transporte no desenvolvimento do stress, seria por isso de esperar que a picanha com pH mais elevado fosse proveniente dos países com maior área geográfica, com maior distância entre as zonas de produção e o matadouro ou com piores redes rodoviárias, obrigando a deslocações mais extensas e mais prolongadas no tempo (Van de Water, Verjans, & Geers, 2003). Um outro factor muito importante para o pH da carne é a raça dos animais, uma vez que a raça influencia a resposta dos bovinos aos factores que desencadeiam o stress (I.C. Antunes, Quaresma, Correia, Fraga, & Matos Costa, 2018). A raça Holstein-Friesian é mais susceptível ao stress resultante do transporte para o abate e do período de espera em abegoaria do que os cruzados de carne (I.C. Antunes *et al.*, 2018). Considerando o imenso efectivo leiteiro holandês, a produção de carne de bovino na Holanda é maioritariamente realizada a partir de machos desta raça, facto que pode condicionar os valores de pH mais altos.

Foi também possível observar que os países da Europa (Alemanha, Polónia, Holanda, Escócia, Irlanda e Inglaterra) apresentam uma maior dispersão dos valores de pH (maior desvio padrão), do que os restantes países. Essa diferença entre a Europa e os restantes países em comparação pode também estar associada à raça Holstein-Friesian, uma vez que esta raça é usada em raça

pura ou como linha materna na produção de carne na maioria dos países da Europa. Outra possibilidade reside na elevada variabilidade genética do efectivo bovino europeu, e no facto da genética do animal influenciar a resposta ao stress (Mach & Bach, 2008; Shackelford, Koohmaraie, Wheeler, Cundiff, & Dikeman, 1994),

6.2 Cor

A cor da carne é considerado o parâmetro que mais influencia o consumidor no acto da compra (Mancini & Hunt, 2005; Muchenje *et al.*, 2009; Oddy *et al.*, 2001), associando a cor vermelho brilhante da carne a um indicador de frescura e salubridade (Bekhit & Faustman, 2005; Mancini & Hunt, 2005).

Para a determinação da cor recorreu-se ao sistema CIELAB o qual considera as coordenadas L^* (preto/branco), que regista a luminosidade, a^* (vermelho/verde) responsável pela intensidade de vermelho, e b^* (amarelo/azul) responsável pela intensidade de amarelo (Honikel, 1998), permitindo assim uma avaliação objectiva da cor.

Os valores médios de L^* variaram entre os 30,5 e os 34,5, valores que estão abaixo dos valores de L^* previamente determinados no músculo *longissimus dorsi* de bovinos de raças autóctones (35,0-39,4) (Simões, 2006) e que se encontram ao nível do primeiro quartil dos valores de L^* determinados no músculo *longissimus* de animais com genética diversificada e abatidos na América do Norte, cujos valores variaram entre os 31 e os 47,9 (Page, Wulf, & Schwotzer, 2001). Por outro lado, os valores mais baixos de L^* (30,5) foram observados na picanha da Holanda, a picanha com o pH mais alto de todas as origens em comparação, o que está de acordo com a correlação negativa observada entre estes dois parâmetros (Page *et al.*, 2001).

As diferenças observadas entre o valor de L^* obtido na picanha (*gluteus biceps*) e o músculo *longissimus* pode estar associada a diferenças na composição das fibras musculares que constituem estes dois músculos (Lefaucheur, 2010).

No que diz respeito à intensidade do vermelho (a^*), as picanhas provenientes de Inglaterra, Escócia, Estados Unidos da América e Irlanda apresentaram os valores mais elevados de a^* (>23,5). Independentemente da origem, os valores de a^* registados neste estudo são superiores

aos obtidos no músculo *longissimus lumborum* proveniente de bovinos de raças autóctones e de novilhos cruzados de Angus x Limousine (Antunes, Milharadas, *et al.*, 2018; Simões, 2006).

Relativamente à intensidade do amarelo (b^*), a picanha apresenta um intervalo de valores relativamente grande (3,01-5,96) comparativamente ao anteriormente observado no músculo *longissimus lumborum* proveniente de bovino de raças autóctones (1,9-3,1) e ao proveniente de novilhos cruzados de Angus x Limousine (3,29-3,86) (Antunes, Milharadas, *et al.*, 2018; Simões, 2006).

Os valores para as coordenadas L^* , a^* e b^* obtidos neste estudo no músculo *gluteus biceps* diferiu dos resultados previamente registados nos músculos *longissimus lumborum* e *longissimus dorsi*, podendo essas diferenças ser dependentes de diferenças no músculo, mais concretamente na composição das fibras musculares que constituem os músculos uma vez que as diferentes fibras musculares apresentam diferente composição bioquímica (Klont *et al.*, 1998; Lefaucheur, 2006). Para além das diferenças observadas entre músculos, a comparação dos valores das coordenadas CIELAB obtidas do mesmo músculo, proveniente de diferentes animais, também pode revelar diferenças, podendo estas ser atribuídas a diferenças no teor em mioglobina, o estado redox da mioglobina, o teor de gordura intramuscular, entre outros (Page *et al.*, 2001; Sales & Koukolová, 2011).

6.3 Colesterol

Os teores de colesterol apresentados pelas picanhas (*gluteus biceps*) de diferentes origens são superiores aos teores de colesterol apresentados pela vazia (*longissimus lumborum*) de vitela (das raças Arouquesa e Barrosã; 45,59-52,75 mg/100 g de carne fresca) e de novilho (das raças Mertolenga e Alentejana; 37,11-42,96 mg/100 g de carne fresca) (Quaresma, Trigo-Rodrigues, Costa, & Bessa, 2013). As diferenças nos teores de colesterol supra mencionados podem ser consequência de factores genéticos, maneios alimentares diferenciados, diferentes idades e tipo de músculo analisado (Chizzolini *et al.*, 1999; Quaresma *et al.*, 2013; Quaresma, Trigo-Rodrigues, Lemos, & Bessa, 2012).

Diferentes músculos do mesmo animal estão associados a diferentes proporções em fibras musculares (Alasnier *et al.*, 1996; Chizzolini *et al.*, 1999), que por sua vez estão associadas a

diferentes teores de colesterol (Chizzolini *et al.*, 1999; Quaresma *et al.*, 2013). Também para o mesmo músculo podem-se verificar diferenças nos teores de colesterol entre animais de diferentes origens, diferentes idades, diferentes genéticas (Antunes, Quaresma, *et al.*, 2018; Chizzolini *et al.*, 1999; Quaresma *et al.*, 2013)

Devido ao seu papel estrutural nas membranas celulares, o colesterol na carne encontra-se presente nas membranas celulares das fibras musculares (sarcolema) e em maior quantidade nos adipócitos presentes no tecido adiposo intramuscular (Eichhorn *et al.*, 1986; Hoelscher, Savell, Smith, & Cross, 1988), pelo que um aumento da gordura intramuscular poderá resultar num teor de colesterol superior.

6.4 Vitamina E

O perfil de tococromanóis (α -tocoferol e γ -tocoferol) apresentado pelas picanhas das diferentes origens no presente estudo é coerente com o perfil de tococromanóis da carne de bovino apresentado em estudos prévios (Antunes, Quaresma, *et al.*, 2018; Quaresma *et al.*, 2013, 2012). A predominância do α -tocoferol em relação ao γ -tocoferol e restantes tococromanóis é consequência da maior afinidade da proteína hepática, a α -TTP, para o α -tocoferol (Kayden & Traber, 1993; Traber, 1994), fazendo com que este tococromanol seja preferencialmente distribuído pelos tecidos em detrimento dos restantes tococromanóis (Schneider, 2005).

Os teores de α -tocoferol apresentados pelas picanhas das diferentes origens (4,86-16,07 $\mu\text{g/g}$ de carne fresca) são relativamente altos face aos valores previamente reportados no músculo *longissimus lumborum* (Barradas, 2015; Descalzo *et al.*, 2005; Fuente *et al.*, 2009; Insani *et al.*, 2008; Quaresma, Trigo-Rodrigues, Lemos, & Bessa, 2012; Realini, Duckett, Brito, Rizza, & De Mattos, 2004). Os elevados teores de α -tocoferol deverão ser resultado de: 1) predominância das fibras tipo I (fibras oxidativas) no músculo *gluteus biceps*; 2) utilização de concentrado com suplementação de α -tocoferol; ou 3) utilização de pastagem ou forragem com elevada concentração de vitamina E na alimentação dos animais (Daley *et al.*, 2010; Yang, Brewster, Lanari, & Tume, 2002). No entanto, os níveis de vitamina E na pastagem dependem da composição florística do pasto e do seu estadio de desenvolvimento, o que poderá explicar a elevada variabilidade verificada entre amostras de picanha provenientes de alguns países, como a Namíbia e a Nova Zelândia.

A vitamina E, à semelhança do colesterol, encontra-se predominantemente nas membranas celulares e subcelulares, entre os fosfolípidos, pelo que, o teor de vitamina E presente no músculo poderá depender da predominância do tipo de fibras musculares constituintes do músculo em análise e não apenas da quantidade ingerida (Descalzo & Sancho, 2008).

Teores elevados de vitamina E no músculo estão associados ao aumento da estabilidade oxidativa da carne, já que a vitamina E reduz a taxa de oxidação lipídica, o que melhora as características qualitativas da carne, como a cor, sabor, textura, valor nutricional e tempo de prateleira (Fuente *et al.*, 2009). De modo a proteger a carne da oxidação foi estabelecido um teor mínimo de vitamina E (3,5 µg/g de carne) (Faustman *et al.*, 1989; Mitsumoto *et al.*, 1991). O teor de α-tocoferol apresentado pelas picanhas de todas as origens encontra-se acima do teor mínimo recomendado.

Os teores de γ-tocoferol apresentados pelas picanhas do Botswana (1,25 µg/g de carne) e Estados Unidos da América (1,09 µg/g de carne) estão muito acima dos teores de γ-tocoferol apresentados em estudos anteriores (Barradas, 2015; Quaresma *et al.*, 2012). Tal facto poderá ser consequência de nestes países serem utilizados sistemas de produção intensivos (*feedlot*), em que o alimento concentrado é rico em cereais, que por sua vez são naturalmente ricos em γ-tocoferol (Quaresma *et al.*, 2012).

6.5 β-caroteno

De acordo com estudos publicados anteriormente, os animais em pastoreio possuem teores superiores de β-caroteno no tecido muscular comparativamente aos animais alimentados a cereais (Descalzo *et al.*, 2005; Insani *et al.*, 2008; Quaresma *et al.*, 2012; Yang *et al.*, 2002). Os teores de β-caroteno descritos nestes estudos para animais de pastoreio são inferiores aos apresentados pelas picanhas provenientes da Namíbia. Esta diferença poderá ser resultado de um prolongado período em pastoreio, um elevado teor de β-caroteno na pastagem ingerida pelos animais, ou um teor mais elevado em lípidos totais, uma vez que o β-caroteno é depositado nas membranas celulares e no tecido adiposo (Antunes, Quaresma, *et al.*, 2018; Descalzo & Sancho, 2008).

À semelhança do que acontece com o α -tocoferol, a Namíbia foi o país que apresentou picanhas com teores de β -caroteno mais elevados. Facto que parece contrastar com a ideia que níveis elevados de vitamina E podem interferir negativamente com o teor de β -caroteno (Yang *et al.*, 2002).

6.6 Ácidos gordos, rácios e índices de qualidade lipídica

O perfil de ácidos gordos aqui apresentado reúne todos os ácidos gordos da carne, incluindo os provenientes da fracção neutra (triacilgliceróis) e da fracção polar (fosfolípidos), revelando por isso a qualidade nutricional global da fracção lipídica. Considerando que o perfil de ácidos gordos das fracções polar e neutra difere dentro do mesmo músculo, qualquer factor que possa fazer variar a composição de uma das fracções lipídicas irá influenciar a qualidade nutricional da fracção lipídica da carne. A genética, a idade e o manejo alimentar são importantes variáveis na definição do perfil de ácidos gordos, variáveis essas que para este estudo são desconhecidas. Por essa razão foi desde início definido que este estudo seria orientado no sentido da qualidade nutricional da carne de bovino que é transacionada a nível global.

A análise dos somatórios parciais dos ácidos gordos, dos rácios e índices de qualidade lipídica permitem extrair informação interessante do ponto de vista nutricional. O primeiro dado a enaltecer é a ausência de diferenças significativas nos índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT), o que sugere que estes índices apresentam menor capacidade discriminante que os rácios P/S, n6/n3 e h/H.

Na análise dos rácios verificamos que a picanha do Botswana apresentou o rácio P/S mais elevado e nutricionalmente mais favorável, no entanto, a mesma picanha revelou o maior rácio n6/n3 e nutricionalmente menos favorável, pelo que a aparente vantagem apresentada no rácio P/S era sustentada pelos n-6 PUFA, revelando-se por isso uma falsa vantagem. A picanha do Botswana apresentou ainda como parâmetros menos favoráveis: o elevado teor de *trans*-MUFA e o elevado índice de peroxidabilidade (IP), ou seja, a sua susceptibilidade aos fenómenos da oxidação.

No que respeita aos *trans*-octadecenoatos, a picanha do Botswana apresentou o teor mais elevado de *trans*-MUFA e apresentou um perfil diferente do que é comum encontrar na carne

de bovino produzida em Portugal, onde os ácidos do *trans*-10-octadecanóico e o *trans*-11-octadecanóico são em regra os principais ácidos gordos deste grupo (Alfaia *et al.*, 2009; Antunes, Quaresma, *et al.*, 2018), sendo o *trans*-10-octadecanóico o principal *trans*-MUFA na carne dos animais predominantemente alimentados com concentrado, enquanto o *trans*-11-octadecanóico (ácido vacénico) é o principal *trans*-MUFA na carne dos animais mantidos em pastoreio (Alfaia *et al.*, 2009; Bessa, Alves, & Santos-Silva, 2015).

As picanhas provenientes da Nova Zelândia, Irlanda e Namíbia apresentaram o teor mais alto de C18:2 *cis*-9,*trans*-11 (ácido ruménico), o principal isómero do ácido linoleico conjugado (CLA) e um ácido gordo associado à ingestão de pastagem (Bessa *et al.*, 2006; Dugan, Aldai, Aalhus, Rolland, & Kramer, 2011) e com importantes funções biológicas (Turpeinen *et al.*, 2002). Os resultados obtidos no ácido ruménico são coincidentes com os resultados obtidos no C18:2 *trans*-11,*cis*-15, produto da biohidrogenação do ácido α -linolénico (C18:3n-3) (Castillo, Olivera, & Carulla, 2013), sugerindo que o sistema de produção usado nestes países providência maior quantidade de ácido α -linolénico na dieta dos bovinos. Por outro lado, a picanha proveniente da Namíbia apresentou os teores mais altos do ácido de *Mead* (C20:3n-9), o que está normalmente associado a uma dieta deficitária em ácidos gordos essenciais, nomeadamente os ácidos linoleico e α -linolénico (Glaser, Lattka, Rzehak, Steer, & Koletzko, 2011), o que não parece ser o caso do presente estudo.

As picanhas do Canadá e Estados Unidos da América apresentaram os teores totais de SFA e MUFA mais elevados e os teores de DMA mais baixos de todas as picanhas, dados que sugerem que seriam as picanhas com maior teor de gordura intramuscular, o que é consistente com os baixos rácios P/S, mas em contraponto apresentaram rácios h/H comparativamente altos. Por outro lado, a picanha proveniente da Polónia apresenta os rácios P/S e h/H mais baixos, e menos favoráveis em termos nutricionais, de todas as picanhas.

A picanha da Nova Zelândia, da Irlanda e da Namíbia apresentaram o rácio n6/n3 mais baixo e nutricionalmente mais favorável, resultado sustentado pelos teores mais elevados de n-3 PUFA.

Considerando as 11 origens aqui em comparação, a utilização dos diferentes rácios e índices resulta numa avaliação que não é totalmente coerente, ou seja, diferentes rácios permitem atribuir à mesma picanha a melhor e a pior das classificações nutricionais. No sentido de hierarquizar a qualidade nutricional das picanhas, considerou-se ordenar qualitativamente as diferentes origens para cada um dos rácios/índices usados neste estudo e usar o conjunto desses

rankings para definir o ranking das picanhas, tendo por base o conjunto dos rácios e índices avaliados. A utilização de todos os rácios (P/S, n6/n3 e h/H) e índices (IA, IT e IP) revelou que a picanha proveniente do Canadá congregava a melhor “pontuação” nutricional, enquanto a Namíbia e Polónia recebem a pior classificação. Se considerarmos apenas os rácios (P/S, n6/n3 e h/H), a Escócia recebe a melhor classificação enquanto a Polónia recebe a pior classificação. Mas se considerarmos apenas os índices IA e IT, a melhor classificação recai no Canadá e a pior na Polónia.

Apesar dos rácios e índices de qualidade lipídica reunirem um considerável número de parâmetros, todos eles deixam de fora os efeitos biológicos dos ácidos gordos *trans* e dos ácidos gordos ramificados.

7 CONCLUSÃO

A ausência de estudos publicados sobre a cor, teor de colesterol e principais antioxidantes lipossolúveis e composição da fracção lipídica do músculo *gluteus biceps* (picanha) dificultou a discussão dos resultados. Mas revela pela primeira vez que a picanha apresenta níveis de colesterol, α -tocoferol e β -caroteno acima dos valores quantificados no músculo *longissimus*.

Os valores das coordenadas de cor, L*, a* e b* para a picanha também diferem dos resultados anteriormente publicados usando os músculos *longissimus lumborum* e *longissimus dorsi*.

A variabilidade inerente à amostragem e à origem das picanhas em comparação, juntamente com a ausência de informação relativa aos animais, nomeadamente a idade, o sexo, a raça e o manejo alimentar impede uma análise do tipo causa-efeito.

Por outro lado, a utilização de somatórios, rácios e índices de qualidade lipídica realizada com o objectivo comum de simplificar a análise do perfil de ácidos gordos resulta por vezes numa análise incoerente, uma vez que a mesma amostra pode obter a melhor e a pior classificação aquando da utilização de diferentes rácios/índices.

Pelas dificuldades anteriormente descritas decidi-mos realizar a hierarquização da picanha das diferentes origens e reunir esses resultados numa hierarquização global, o que colocou a picanha proveniente do Canadá e da Polónia no primeiro e último lugar do ranking, no que respeita à qualidade nutricional da fracção lipídica da picanha.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alasnier, C., Rémignon, H., & Gandemer, G. (1996). Lipid characteristics associated with oxidative and glycolytic fibres in rabbit muscles. *Meat Science*, 43(3–4), 213–224.
- Alfaia, C., Alves, S. P., Martins, S. I., Costa, A. S. H., Fontes, C. M., Lemos, J. P. C., ... Prates, J. A. (2009). Effect of the feeding system on intramuscular fatty acids and conjugated linoleic acid isomers of beef cattle, with emphasis on their nutritional value and discriminatory ability. *Food Chemistry*, 114(3), 939–946.
- Antunes, I. C., Milharadas, N., Silva, J. M., Costa, J. N. M., Fraga, J. B., Correia, L. S., & Quaresma, M. A. G. (2018). Effect of dietary vitamin E supplementation and ageing on beef vitamin E contents and colorimetric parameters. *RPCV, (Azeite pa.*
- Antunes, I. C., Quaresma, M. A. G., Matos Costa, J. N., Fraga, J. B., Correia, L. S., Alves, S. P., ... Monteiro, A. C. G. (2018). Influence of origin and genetic background on veal quality. *RPCV*, 113(605–606), 34–45.
- Arakawa, K., & Sagai, M. (1986). Species differences in lipid peroxide levels in lung tissue and investigation of their determining factors. *Lipids*, 21(12), 769–775.
- Atkinson, J., Epand, R. F., & Epand, R. M. (2008). Tocopherols and tocotrienols in membranes: A critical review. *Free Radical Biology and Medicine*, 44(5), 739–764.
- Barradas, M. I. G. (2015). *Estudo das Características Físico-Químicas e Nutricionais da Carne de Raça Brava de Lide*. Instituto Superior de Agronomia/Faculdade de Medicina Veterinária - Universidade de Lisboa.
- Bekhit, A. E. D., & Faustman, C. (2005). Metmyoglobin reducing activity. *Meat Science*, 71(3), 407–439.
- Bessa, R. J. B., Alves, S. P., Figueiredo, R., Teixeira, A., Rodrigues, A., Janeiro, A., ... Prates, J. A. M. (2006). Discrimination of production system and origin of animal products using chemical markers. *Publication-European Association for Animal Production*, (119), 231.
- Bessa, R. J. B., Alves, S. P., & Santos-Silva, J. (2015). Constraints and potentials for the nutritional modulation of the fatty acid composition of ruminant meat. *European Journal*

of Lipid Science and Technology, 117(9), 1325–1344.

Biesalski, H. K. (2005). Meat as a component of a healthy diet - Are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Science*, 70(3), 509–524.

British Department of Health. (1994). *Nutritional aspects of cardiovascular disease. Report on Health and Social Subjects*, no. 46. London: HMSO.

Buckley, D. J., Morrissey, P. A., & Gray, J. I. (1995). Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *Journal of Animal Science*, 73(10), 3122–3130.

Burton, G. W., Joyce, A., & Ingold, K. U. (1983). Is vitamin E the only lipid-soluble, chain-breaking antioxidant in human blood plasma and erythrocyte membranes? *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 221(1), 281–290.

Castillo, J., Olivera, M., & Carulla, J. (2013). Descripción del mecanismo bioquímico de la biohidrogenación en el rumen de ácidos grasos poliinsaturados: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(2), 459–468. Retrieved from <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/919>

Chabanel, A., Flamm, M., Sung, K. L., Lee, M. M., Schachter, D., & Chien, S. (1983). Influence of cholesterol content on red cell membrane viscoelasticity and fluidity. *Biophysical Journal*, 44(2), 171–176. [https://doi.org/10.1016/S0006-3495\(83\)84288-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3495(83)84288-X)

Chizzolini, R., Zanardi, E., Dorigoni, V., & Ghidini, S. (1999). Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 10(4–5), 119–128.

Daley, C. A., Abbott, A., Doyle, P. S., Nader, G. A., & Larson, S. (2010). A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutrition Journal*, 9, 10.

Decker, E. A., Faustman, C., & Lopez-Bote, C. J. (2000). *Antioxidants in Muscle Foods: Nutritional Strategies to Improve Quality*.

DellaPenna, D. (2005). A decade of progress in understanding vitamin E synthesis in plants. *Journal of Plant Physiology*, 162(7), 729–737.

- Descalzo, A. M., Insani, E. M., Biolatto, A., Sancho, A. M., García, P. T., Pensel, N. A., & Josifovich, J. A. (2005). Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentine beef. *Meat Science*, 70(1), 35–44.
- Descalzo, A. M., & Sancho, A. M. (2008). A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Science*, 79(3), 423–436.
- Dietschy, J. (1984). Regulation of cholesterol metabolism in man and in other species. *Klinische Wochenschrift*, 338–345.
- Do, T. D. T., Cozzolino, D., Muhlhausler, B., Box, A., & Able, A. J. (2015). Antioxidant capacity and vitamin E in barley: Effect of genotype and storage. *Food Chemistry*, 185, 65–74.
- Drovers. (2018a). World Beef Consumption: Ranking of countries. Retrieved November 19, 2018, from <https://www.drovers.com/article/world-beef-consumption-ranking-countries>
- Drovers. (2018b). World Cattle Inventory: Ranking of countries (FAO). Retrieved November 20, 2018, from <https://www.drovers.com/article/world-cattle-inventory-ranking-countries-fao>
- Dugan, M., Aldai, N., Aalhus, J., Rolland, D., & Kramer, J. (2011). Forming Beef To Provide Healthier Fatty Acid Profiles. *Canadian Journal of Animal Science*, 91(4), 545–556. <https://doi.org/10.4141/cjas2011-044>
- Edge, R., McGarvey, D. J., & Truscott, T. G. (1997). The carotenoids as anti-oxidants - a review. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 41(3), 189–200.
- Eichhorn, J. M., Coleman, L. J., Wakayama, E. J., Blomquist, G. J., Bailey, C. M., & Jenkins, T. G. (1986). Effects of Breed Type and Restricted versus Ad Libitum Feeding on Fatty Acid Composition and Cholesterol Content of Muscle and Adipose Tissue from Mature Bovine Females. *Journal of Animal Science*, 63(3), 781–794.
- Enser, M., Hallett, K., Hewitt, B., Fursey, G. A. J., & Wood, J. D. (1996). Fatty acid content

- and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science*, 42(4), 443–456.
- Esterbauer, H. (1993). Cytotoxicity and genotoxicity of lipid-oxidation products. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 57(5), 779S-786S.
- Falowo, A. B., Fayemi, P. O., & Muchenje, V. (2014). Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 64, 171–181.
- FAO. (2010). Fats and fatty acids in human nutrition: report of an expert consultation. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 55.
- Faustman, C., Cassens, R. G., Schaefer, D. M., Buege, D. R., Williams, S. N., & Scheller, K. K. (1989). Improvement of Pigment and Lipid Stability in Holstein Steer Beef by Dietary Supplementation with Vitamin E. *Journal of Food Science*, 54(4), 858–862.
- Fuente, J., Díaz, M. T., Álvarez, I., Oliver, M. A., Furnols, M. F., Sañudo, C., ... Cañeque, V. (2009). Fatty acid and vitamin E composition of intramuscular fat in cattle reared in different production systems. *Meat Science*, 82(3), 331–337.
- Fukuzawa, K., Inokami, Y., Tokumura, A., Terao, J., & Suzuki, A. (1998). Rate constants for quenching singlet oxygen and activities for inhibiting lipid peroxidation of carotenoids and alpha-tocopherol in liposomes. *Lipids*, 33(8), 751–756.
- Givens, D., & Gibbs, R. (2008). Current intakes of EPA and DHA in European populations and the potential of animal-derived foods to increase them. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 67(3), 273–280.
- Givens, D. I., Kliem, K. E., & Gibbs, R. A. (2006). The role of meat as a source of n - 3 polyunsaturated fatty acids in the human diet. *Meat Science*, 74(1), 209–218.
- Glaser, C., Lattka, E., Rzehak, P., Steer, C., & Koletzko, B. (2011). Genetic variation in polyunsaturated fatty acid metabolism and its potential relevance for human development and health. *Maternal & Child Nutrition*, 7, 27–40. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8709.2011.00319.x>
- Gleason, M. M., Medow, M. S., & Tulenko, T. N. (1991). Excess membrane cholesterol alters

- calcium movements, cytosolic calcium levels, and membrane fluidity in arterial smooth muscle cells. *Circulation Research*, 69(1), 216–227.
<https://doi.org/10.1161/01.RES.69.1.216>
- Gray, J. I., Gomaa, E. A., & Buckley, D. J. (1996). Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Science*, 43, S111–S123.
- Henchion, M., McCarthy, M., Resconi, V. C., & Troy, D. (2014). Meat consumption: Trends and quality matters. *Meat Science*, 98(3), 561–568.
<https://doi.org/10.1016/J.MEATSCI.2014.06.007>
- Higgs, J. D. (2000). The Changing Nature of Red Meat: 20 Years of Improving Nutritional Quality. *Trends in Food Science & Technology*, 11, 85–95.
- Hoelscher, L. I., Savell, J. W., Smith, S. B., & Cross, H. R. (1988). Subcellular Distribution of Cholesterol within Muscle and Adipose Tissues of Beef Loin Steaks. *Journal of Food Science*, 53(3), 718–722.
- Homma, Y., Kondo, Y., Kaneko, M., Kitamura, T., Nyou, W. T., Yanagisawa, M., ... Kakizoe, T. (2004). Promotion of carcinogenesis and oxidative stress by dietary cholesterol in rat prostate. *Carcinogenesis*, 25(6), 1011–1014.
- Honikel, K. O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49(4), 447–457. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)00034-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)00034-5)
- Huff-Lonergan, E., & Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71, 194–204.
- Hunty, A. (1995). The COMA report on nutritional aspects of cardiovascular disease: the scientific evidence. *British Food Journal*, 97(9), 30–32.
- I.C. Antunes, Quaresma, M. A. G., Correia, L. S., Fraga, J. ., & Matos Costa, J. N. (2018). Effect of transport and lairage period on veal ultimate pH. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 113((605-606)), 52–58.
- Ikonen, E. (2008). Cellular cholesterol trafficking and compartmentalization. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 9(2), 125–138.

- Immonen, K., Ruusunen, M., Hissa, K., & Puolanne, E. (2000). Bovine muscle glycogen concentration in relation to finishing diet, slaughter and ultimate pH. *Meat Science*, 55, 25–31.
- INE. (2018). Portal do Instituto Nacional de Estatística. Retrieved November 27, 2018, from https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000211&contexto=bd&selTab=tab2&xlang=pt
- Insani, E. M., Eyherabide, A., Grigioni, G., Sancho, A. M., Pensel, N. A., & Descalzo, A. M. (2008). Oxidative stability and its relationship with natural antioxidants during refrigerated retail display of beef produced in Argentina. *Meat Science*, 79, 444–452.
- James, M. J., Gibson, R. A., Cleland, L. G., M.J., J., R.A., G., & L.G., C. (2000). Dietary polyunsaturated fatty acids and inflammatory mediator production. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71, 343S–348S.
- Jiang, Q., Christen, S., Shigenaga, M. K., & Ames, B. N. (2001). γ -Tocopherol, the major form of vitamin E in the US diet, deserves more attention. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 74(6), 714–722.
- Junqueira, L. C., & Carneiro, J. (2004). *Histologia Básica* (10^a Edição). Guanabara Koogan, S.A.
- Kannan, G., Chawan, C. B., Kouakou, B., & Gelaye, S. (2002). Influence of packaging method and storage time on shear value and mechanical strength of intramuscular connective tissue of chevon. *Journal of Animal Science*, 80(9), 2383–2389.
- Kayden, H. J., & Traber, M. G. (1993). Absorption, lipoprotein transport, and regulation of plasma concentrations of vitamin E in humans. *Journal of Lipid Research*, 34, 343–358.
- Kerry, J. P., Buckley, D. J., & Morrissey, P. A. (2000). Improvement of oxidative stability of beef and lamb with vitamin E. In E. A. Decker, C. Faustman, & C. J. Lopez-Bote (Eds.), *Antioxidants in Muscle Foods: Nutritional Strategies to Improve Quality* (pp. 229–262). New York: Wiley-Interscience.
- Klont, R. E., Brocks, L., & Eikelenboom, G. (1998). Muscle fibre type and meat quality. *Meat*

Science, 49, S219–S229.

- Kris-Etherton, P. M. (1999). *Monounsaturated Fatty Acids and Risk of Cardiovascular Disease. AHA Science Advisory*.
- Kropf, D. H. (1980). Effects of Retail Display Conditions on Meat Color. *Proceedings of Reciprocal Meat Conference*, 33, 15–32.
- Kubow, S. (2009). Lipid Oxidation Products in Food and Atherogenesis. *Nutrition Reviews*, 51(2), 33–40.
- Lawrie, R. A., & Ledward, D. A. (2006). *Lawrie's meat science* (Seventh ed). Cambridge, England: CRC Press.
- Lee, S. H., Joo, S. T., & Ryu, Y. C. (2010). Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. *Meat Science*, 86, 166–170.
- Lefaucheur, L. (2010). A second look into fibre typing - Relation to meat quality. *Meat Science*, 84(2), 257–270. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.05.004>
- Lefaucheur, L., & Gerrard, D. (2000). Muscle fiber plasticity in farm mammals. *Journal of Animal Science*, 77, 1–19.
- Lefaucheur, Louis. (2006). Myofibre typing and its relationships to growth performance and meat quality Abstract Zusammenfassung Introduction To improve efficiency and profitability of meat animal production , genetic selection , nutrition and breeding conditions have led to a dram, 49, 4–17.
- Lensink, B. J., Fernandez, X., Cozzi, G., Florand, L., & Veissier, I. (2001). The influence of farmers “behavior on calves” reactions to transport and quality of veal meat. *Journal of Animal Science*, 79(3), 642–652.
- Leonarduzzi, G., Sottero, B., & Poli, G. (2002). Oxidized products of cholesterol: Dietary and metabolic origin, and proatherosclerotic effects. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 13(12), 700–710.
- Lepetit, J. (2008). Collagen contribution to meat toughness: Theoretical aspects. *Meat Science*.

- Lonergan, E. H., Zhang, W., & Lonergan, S. M. (2010). Biochemistry of postmortem muscle - Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, 86, 184–195.
- Mach, N., & Bach, A. (2008). Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Science*, 78, 232–238.
- Mancini, R. A., & Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. *Meat Science*, 71(1), 100–121.
- Marques, A. C., Maróstica, M. R., & Pastore, G. M. (2010). Some nutritional, technological and environmental advances in the use of enzymes in meat products. *Enzyme Research*, 2010.
- Mitsumoto, M., Cassens, R. G., Schaefer, D. M., Arnold, R. N., & Scheller, K. K. (1991). Improvement of Color and Lipid Stability in Beef Longissimus with Dietary Vitamin E and Vitamin C Dip Treatment. *Journal of Food Science*, 56(6), 1489–1492.
- Mortensen, A., Skibsted, L. H., & Truscott, T. G. (2001). The Interaction of Dietary Carotenoids with Radical Species. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 385(1), 13–19.
- Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Strydom, P. E., Hugo, A., & Raats, J. G. (2009). Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. *Food Chemistry*, 112, 279–289.
- Ngapo, T. M., & Gariépy, C. (2006). Factors affecting the meat quality of veal. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(10), 1412–1431.
- Nishimura, T. (2010). The role of intramuscular connective tissue in meat texture. *Animal Science Journal*, 81(1), 21–27.
- O’Fallon, J. V., Busboom, J. R., Nelson, M. L., & Gaskins, C. T. (2007). A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs. *Journal of Animal Science*, 85(6), 1511–1521.
- OCDE. (2018). Meat consumption (indicator). Retrieved November 19, 2018, from <https://data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm>

- Oddy, V. H., Harper, G. S., Greenwood, P. L., & McDonagh, M. B. (2001). Nutritional and developmental effects on the intrinsic properties of muscles as they relate to the eating quality of beef. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41, 921–942.
- Orczewska-Dudek, S., Bederska-Łojewska, D., Pieszka, M., & Pietras, M. (2012). Cholesterol and Lipid Peroxides in Animal Products and Health Implications - A Review. *Annals of Animal Science*, 12(1), 25–52.
- Ouali, A. (1990). Meat tenderization: possible causes and mechanisms. A review. *Journal of Muscle Foods*, 1(2), 129–165.
- Page, J. K., Wulf, D. M., & Schwotzer, T. R. (2001). A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science*, 79(3), 678. <https://doi.org/10.2527/2001.793678x>
- Pereira, P. M. C. C., & Vicente, A. F. R. B. (2013). Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science*, 93(3), 586–592.
- Ponnampalam, E. N., Mann, N. J., & Sinclair, A. J. (2006). Effect of feeding systems on omega-3 fatty acids, conjugated linoleic acid and trans fatty acids in Australian beef cuts: potential impact on human health. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 15(1), 21–29.
- Prates, J. A. M., Quaresma, M. A. G., Bessa, R. J. B., Fontes, C. M. G. A., & Alfaia, C. M. P. M. (2006). Simultaneous HPLC quantification of total cholesterol, tocopherols and β -carotene in Barrosã-PDO veal. *Food Chemistry*, 94(3), 469–477.
- Purslow, P. P. (2005). Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Science*, 70(3), 435–447.
- Purslow, P. P. (2018). Contribution of collagen and connective tissue to cooked meat toughness; some paradigms reviewed. *Meat Science*, 144, 127–134.
- Quaresma, M. A. G., Trigo-Rodrigues, I., Costa, J. N., & Bessa, R. J. B. (2013). The effect of season, muscle and breed on total cholesterol, β -carotene and vitamin E contents in Alentejana, Arouquesa, Barrosã and Mertolenga bovine breeds reared under the PDO certification system. *RPCV*, 108(587–588), 127–136.
- Quaresma, M. A. G., Trigo-Rodrigues, I., Lemos, J. P. C., & Bessa, R. J. B. (2012). Effect of

- the finishing feeding system on total cholesterol, vitamin E and β -carotene contents in Alentejana purebred bullocks. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 111, 157–163.
- Quaresma, M. A. G., Trigo Rodrigues, I., Pereira Silva, R., Santos, N., Breda, J., Bessa, R. J. B., ... Barreto, A. S. (2008). Vitamin E homologues in wild boar meat from Montado. *Paper Presented at the International Congress Of Meat Science and Technology*.
- Quintas, A., Freire, A. P., & Halpern, M. J. (2008). *Bioquímica - Organização Molecular da Vida*. Lidel - Edições Técnicas, Lda.
- Ratnayake, W. M. N., & Galli, C. (2009). Fat and fatty acid terminology, methods of analysis and fat digestion and metabolism: A background review paper. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 55(1–3), 8–43.
- Realini, C. E., Duckett, S. K., Brito, G. W., Rizza, M. D., & De Mattos, D. (2004). Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Science*, 66(3), 567–577.
- Renerre, M. (2000). Oxidative processes and myoglobin. In E. Dekker, C. Faustman, & C. J. Lopez-Bote (Eds.), *Antioxidants in muscle foods* (pp. 113–133). New York: John Wiley.
- Renerre, M. (2007). Factors involved in the discoloration of beef meat. *International Journal of Food Science & Technology*, 25(6), 613–630.
- Robins, S. P., Shimokomaki, M., & Bailey, A. J. (1973). The chemistry of the collagen cross-links. Age-related changes in the reducible components of intact bovine collagen fibres. *The Biochemical Journal*, 131(4), 771–780.
- Rodrigues, C. J., Rodrigues Júnior, A. J., & Bohm, G. M. (1996). Effects of aging on muscle fibers and collagen content of the diaphragm: a comparison with the rectus abdominis muscle. *Gerontology*, 42(4), 218–228.
- Ruxton, C. H. S., Reed, S. C., Simpson, M. J. A., & Millington, K. J. (2004). The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: A review of the evidence. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 17(5), 449–459.

- Sales, J., & Koukolová, V. (2011). Dietary vitamin E and lipid and color stability of beef and pork: Modeling of relationships¹. *Journal of Animal Science*, 89(9), 2836–2848. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3335>
- Santos-Silva, J., Bessa, R. J. B., & Santos-Silva, F. (2002). Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, 77(2–3), 187–194.
- SAS Institute Inc. (2013). *Base SAS® 9.4 Procedures Guide: Statistical Procedures, Second Edition*. Cary, NC, USA.
- Schneider, C. (2005). Chemistry and biology of vitamin E. *Molecular Nutrition & Food Research*, 49(1), 7–30.
- Scollan, N., Hocquette, J. F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., & Moloney, A. (2006). Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74(1), 17–33. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.05.002>
- Sentandreu, M. A., Coulis, G., & Ouali, A. (2002). Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends in Food Science and Technology*, 13(12), 398–419.
- Shackelford, S. D., Koohmaraie, M., Wheeler, T. L., Cundiff, L. V., & Dikeman, M. E. (1994). Effect of biological type of cattle on the incidence of the dark, firm, and dry condition in the longissimus muscle. *Journal of Animal Science*, 72(2), 337–343.
- Simões, J. A. (2006). Chemical and colour evaluation of meat from several portuguese cattle breeds. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 101(559–560), 241–244.
- Simons, K., & Vaz, W. L. C. (2004). Model Systems, Lipid Rafts, and Cell Membranes. *Annual Review of Biophysics and Biomolecular Structure*, 33(1), 269–295.
- Simopoulos, A. (2002). Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases. *Journal of the American College of Nutrition*, 21(6), 495–505.
- Simopoulos, A. P. (1997). ω -3 fatty acids in the prevention-management of cardiovascular disease. *Can. J. Physiol. Pharmacol.*, 75, 234–239.

- Simopoulos, A. P. (2004). Omega-6/Omega-3 Essential Fatty Acid Ratio and Chronic Diseases. *Food Reviews International*, 20(1), 77–90.
- Smith, G. C., Morgan, J. B., Sofos, J. N., & Tatum, J. D. (1996). Supplemental vitamin E in beef cattle diets to improve shelf-life of beef. *Animal Feed Science and Technology*, 59(1–3), 207–214.
- Tarrant, P. V. (1989). Animal behaviour and environment in the dark-cutting condition in beef - a review. *Irish Journal of Food Science and Technology*, 13(1), 1–21.
- Tornberg, E. (1996). Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Science*, 43, 175–191.
- Tornberg, E. (2005). Effects of heat on meat proteins - Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, 70, 493–508.
- Traber, M.G. (1994). Determinants of plasma vitamin E concentrations. *Free Radic Biol Med*, 16(2), 229–239.
- Traber, Maret G., & Atkinson, J. (2007). Vitamin E, antioxidant and nothing more. *Free Radical Biology and Medicine*, 43(1), 4–15.
- Tsuchihashi, H., Kigoshi, M., Iwatsuki, M., & Niki, E. (1995). Action of β -Carotene as an Antioxidant against Lipid Peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 323(1), 137–147.
- Turpeinen, A. M., Mutanen, M., Aro, A., Salminen, I., Basu, S., Palmquist, D. L., & Griinari, J. M. (2002). Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 76(3), 504–510.
- Tvrzicka, E., Kremmyda, L. S., Stankova, B., & Zak, A. (2011). Fatty acids as biocompounds: Their role in human metabolism, health and disease - a review. part 1: Classification, dietary sources and biological functions. *Biomedical Papers*, 155(2), 117–130.
- Ulbricht, T. L. V., & Southgate, D. A. T. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *The Lancet*, 338(8773), 985–992.
- Valenzuela, A., Sanhueza, J., & Nieto, S. (2004). Cholesterol oxidized products in foods:

- potential health hazards and the role of antioxidants in prevention. *Grasas y Aceites*, 55(3), 312–320.
- Van de Water, G., Verjans, F., & Geers, R. (2003). The effect of short distance transport under commercial conditions on the physiology of slaughter calves; pH and colour profiles of veal. *Livestock Production Science*, 82(2), 171–179.
- Vestergaard, M., Oksbjerg, N., & Henckel, P. (2000). Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus dorsi and supraspinatus muscles of young bulls. *Meat Science*, 54(2), 177–185.
- Wang, X., & Quinn, P. J. (1999). Vitamin E and its function in membranes. *Progress in Lipid Research*, 38(4), 309–336.
- WHO. (2003). *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. WHO Technical Report Series n° 916*. Geneve.
- Williamson, C. S., Foster, R. K., Stanner, S. a, & Buttriss, J. L. (2005). Red Meat in the Diet. *BNF Nutrition Bulletin*, 30, 323–355.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., ... Whittington, F. M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78(4), 343–358.
- Woods, V. B., & Fearon, A. M. (2009). Dietary sources of unsaturated fatty acids for animals and their transfer into meat, milk and eggs: A review. *Livestock Science*, 126(1–3), 1–20.
- WTEEx. (2018). Top beef exporting countries. Retrieved November 20, 2018, from <http://www.worldstopexports.com/top-beef-exporting-countries/>
- WTEEx. (2019). Fresh or Frozen Beef Imports by Country. Retrieved November 27, 2018, from <http://www.worldstopexports.com/fresh-or-frozen-beef-imports-by-country/>
- Yang, A., Brewster, M. J., Lanari, M. C., & Tume, R. K. (2002). Effect of vitamin E supplementation on α -tocopherol and β -carotene concentrations in tissues from pasture- and grain-fed cattle. *Meat Science*, 60(1), 35–40.

Yeagle, P. L. (1985). Cholesterol and the cell membrane. *BBA - Reviews on Biomembranes*, 822(3–4), 267–287.